

621.792.

001

P183293

Е. В. АНТОШИН

**ТЕХНОЛОГИЯ
МЕТАЛЛИЗАЦИИ
РАСПЫЛЕНИЕМ**

МАШГИЗ — 1944



Е. В. АНТОШИН

ТЕХНОЛОГИЯ МЕТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЫЛЕНИЕМ

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует	По чьей вине
24	Табл. 11, графа 4, строка 1	,0 04	0,00004	Типогр.
36	9 сверху	0,5 м ³ /час	0,05 м ³ /час	Авт.
53	11 снизу	воздуха 1,0 »	воздуха 1,0 м ³ /мин	
58	После строки 5 пропущена строка «Давление сжатого воздуха . . . 6 атм»			
111	24 сверху	1,15—0,20 мм	0,15—0,20 мм	Типогр.

Антошин

ПРЕДИСЛОВИЕ

За последние годы со стороны производителей наблюдается повышенный интерес к металлизации и стремление использовать её на своих предприятиях. Между тем недостаточная осведомлённость в вопросах металлизации и отсутствие материалов, освещающих практику металлизации, затрудняют организацию металлизационных мастерских и освоение этого процесса собственными силами предприятий.

Настоящее издание имеет целью ознакомить производителей с областями возможного применения металлизации и вопросам, связанными с организацией металлизационных мастерских, а также подробно осветить элементы технологии металлизации по основным видам её использования.

Приводимые материалы обобщают как иностранный, так и более чем десятилетний опыт работы Отдела металлизации Монтажно-технической конторы Глававтогепна НКМ (бывш. Конторы металлизации Оргаметалла и ЦНИИТ-МАШ) и изложены в форме практического руководства, доступного для самых широких кругов инженерно-технического персонала.

Так как применяемые у нас конструкции металлизационных пистолетов описаны в целом ряде других источников, а также вследствие того, что инструкции по эксплуатации пистолетов прилагаются к ним при их продаже, в настоящем руководстве указанные данные рассматриваются лишь в самых общих чертах.

В настоящее время в Советском Союзе применяется почти исключительно электрометаллизация, поэтому при описании оборудования подробные материалы о газовой металлизации также не приводятся, что оправдывается как небольшой в данный момент актуальностью газовой металлизации, так и наличием ранее изданных материалов по этому вопросу.

В связи с тем, что на Монтажно-техническую контору Глававтогепна возложены функции распространения опыта, оказания технической помощи и внедрения металлизации в промышленность, просьба ко всем предприятиям и организациям все свои замечания по настоящему руководству, а также пожелания и фактические данные по различным вопросам применения металлизации направлять по адресу: Москва, Чистые пруды, 12, Монтажно-технической конторе Глававтогепна НКМ.

ВВЕДЕНИЕ

Сущность металлизации. Метод металлизации распылением, именуемый также шоопированием (по имени его изобретателя М. У. Шоопа), представляет один из технических способов нанесения металлических покрытий на поверхность различных материалов.

Принцип металлизации основан на том, что расплавленный металл распыляется струей сжатого воздуха на мельчайшие частицы, которые, падая в жидком или пластическом состоянии и с большой скоростью на специально подготовленную поверхность, способны сцепляться с ней и образовывать слой металлического покрытия.

Процесс металлизации осуществляется с помощью специальных аппаратов, называемых аппаратами или пистолетами для металлизации.

В качестве источника тепла, вызывающего расплавление металла, в современных металлизационных аппаратах служит или ацетилено-кислородное пламя или вольтова дуга. В соответствии с этим различают два вида металлизации по типу применяемой аппаратуры — газовую и электрометаллизацию.

Характерные особенности металлизации. Метод металлизации распылением, в отличие от других способов нанесения металлических покрытий, обладает рядом выгодных особенностей. Главные из них следующие:

1. Нанесение металлизационных покрытий осуществляется с помощью лёгкого ручного прибора и не требует применения сложного и дорогостоящего оборудования. Необходимое для работ вспомогательное оборудование и принадлежности весьма немногочисленны, отличаются простотой и дешёвизной и легко могут быть изготовлены собственными силами предприятий. Вследствие этого, а также благодаря тому, что для размещения оборудования требуется всего 20—50 м² производственной площади, организация металлизационной мастерской оказывается весьма несложной и доступной даже для мелких предприятий.

2. Портативность металлизационного аппарата позволяет наносить покрытия на изделия любой величины и самой разнообразной конфигурации. В частности с помощью специальных приспособлений (при газовой металлизации) возможно нанесение покрытий на внутренние стенки глубоких отверстий и труб длиной до 10 м.

Благодаря транспортабельности вспомогательного оборудования, при необходимости металлизации крупных изделий или частей сооружений, работа может производиться по месту их нахождения. Это обстоятельство позволяет в некоторых случаях осуществлять металлизацию отдельных узлов крупных агрегатов, не прибегая к их разборке или демонтажу.

3. Процесс металлизации отличается технологической простотой и состоит лишь из операций подготовки поверхности, нанесения металлического покрытия и, в случае необходимости, последующей его обработки.

4. При металлизации практически возможно нанесение слоя из любого металла, могущего быть полученным в виде проволоки.

5. Металлизация не требует разогревания изделия и не вызывает его в процессе нанесения металла. Вследствие этого при металлизации совершенно отсутствует опасность местных перегревов и возможность возникновения внутренних напряжений, ведущих к короблениям и искривлениям, как это имеет место при сварке. По этим же причинам процесс не может вызвать никаких внутренних структурных изменений в металле, подвергаемом металлизации, и не влечёт изменений в его механических свойствах.

6. Металлизации могут подвергаться изделия не только из чёрных и цветных металлов, но и из других самых разнообразных материалов, в том числе из дерева, пластмасс, стекла, фарфора, керамики; бумаги; тканей и др.

7. Толщина наносимых покрытий может по желанию колебаться в весьма широких пределах — от 0,03 до 10,0 мм и выше.

Указанные особенности металлизации определяют её исключительную универсальность и многообразие областей и видов возможного применения.

Однако наряду с перечисленными достоинствами металлизации существуют и существенные недостатки, основными из которых являются:

1) изменение в процессе распыления как строения, так и состава взятого для металлизации металла (сплава), вследствие чего невозможно получение полной однородности в свойствах металла изделия и наносимого на него металлизационного слоя;

2) снижение механической прочности наносимого слоя сравнительно со свойствами обычных металлов;

3) относительно низкая прочность сцепления покрытий с основанием;

4) бóльшая или меньшая пористость слоя;

5) наличие значительных непроизводительных потерь металла при распылении.

Несмотря на эти недостатки, металлизация с успехом применяется в различных областях техники и в весьма разнообразных целях.

Области применения. В настоящее время наибольшее значение имеет применение металлизации в следующих целях:

а) в области ремонта оборудования для восстановления размеров изношенных деталей машин, преимущественно тел вращения, например, шеек различных валов, шпинделей, штоков, плунжеров, гильз, втулок, подшипников и пр.; в ремонтном деле металлизацией пользуются также для изменения геометрических размеров посадочных гнезд, устранения задиров на направляющих станков, балансировки и т. п.;

б) для исправления некоторых видов литейных дефектов; в этой области особенно успешно металлизация применяется для устранения течей и пористости, а также заделки раковин и трещин;

в) в целях защиты от коррозии;

г) для повышения жаростойкости стали путём металлизации алюминием (алитирование);

д) в других разнообразных целях (для улучшения теплопроводности, придания непроводникам свойств электропроводности, получения декоративных покрытий и т. д.).

Современное состояние металлизации за границей и в СССР. Многообразие областей и видов возможного применения металлизации послужили основанием для её широкого развития за границей.

Способ распыления металла вообще известен с 1882 г. по выдавшему в Германии патенту, предусматривающему получение «вишпового порошка» для изготовления аккумуляторных пластин.

Идея использовать распыление для получения металлических покрытий принадлежит американскому изобретателю Торстону, запатентовавшему предложенный им способ в 1902 г. Попытки Торстона получить металлические покрытия путём распыления металла не увенчались успехом и не были реализованы до появления проволочного аппарата для металлизации. Последний был предложен Морфу, запатентовавшим свой способ в 1905 г., но не сумевшим разработать промышленно пригодной модели такого аппарата.

В 1912 г. М. У. Шоопом был получен патент на конструкцию практически пригодного, портативного газового металлизационного аппарата, модель которого принципиально сохранена и до настоящего времени во всех выпускаемых различными фирмами аппаратах.

Приписывание металлизации многих несуществующих достоинств вначале повлекло за собой некоторое разочарование, объясняемое недостаточной изученностью свойств покрытий и, следовательно, областей возможного применения. Однако по мере выявления таковых, определялись все большие и большие возможности, позволившие металлизации занять в конце концов твёрдое положение и широкую известность в технике и промышленности.

В течение последнего десятилетия за границей металлизация перестала быть «новой» областью техники и вследствие своей универсальности особенно широко применяется как вспомогательное средство, используемое для решения самых разнообразных производственных задач.

В настоящее время за границей в строительстве, на транспорте и в судостроении, в машиностроении, нефтеобрабатывающей промышленности, электротехнике и даже медицине, — везде металлизация находит полезное применение и, непрерывно совершенствуясь, открывает всё новые и новые возможности.

Развитие металлизации за границей может характеризоваться главным в Европе и Америке многочисленных специальных фирм, изготовляющих металлизационные аппараты и оборудование и выполняющих металлизационные работы. Больше всего металлизация развита в США. В Европе такие фирмы известны в Англии, Франции, а также Германии, Австрии, Чехословакии, Бельгии, Швейцарии и ряде других стран.

Все эти фирмы производят аппаратуру и оборудование для газовой металлизации, которая имеет за границей исключительное применение и представлена различными моделями пистолетов, отличающимися совершенством, высокой производительностью и экономичностью.

Первые попытки применения металлизации в России относятся к 1914 г., когда было организовано общество «Металлизатор», не сумевшее, однако, развернуть своей деятельности вследствие начавшейся войны. Работа по металлизации возобновилась лишь при Советской власти после окончания гражданской войны. За время с 1928 по 1930 г. в Союзе на базе первых импортных аппаратов было организовано несколько эксплуатируемых в промышленных целях металлизационных установок, опыт работы которых послужил основанием для последующего развития дела металлизации в Союзе.

Уже в 1931 г. промышленное значение металлизации было оценено и отмечено специальным постановлением ВСНХ, который наметил задачи по развитию и внедрению металлизации и поручил их выполнение Электрохиммету.

В 1933 г. дело металлизации из Электрохиммета перешло в гострест «Оргаметалл», в системе которого была организована специальная Контора металлизации, которой принадлежит заслуга изучения, развития и внедрения металлизации в промышленность Союза, а также организация и освоение выпуска металлизационной аппаратуры.

Благодаря деятельности Конторы металлизации Оргаметалла в 1937 г. металлизация получила у нас широкое признание и продолжала завоевывать всё возрастающую популярность. Однако постоянный недостаток аппаратуры, а также дефицитность необходимых для эксплуатации пистолетов газов (кислород и ацетилен в баллонах) сильно ограничивали возможности развития металлизации, несмотря на проявляемый к ней весьма широкий интерес со стороны промышленности.

Появившиеся в 1937 г. предложенные Е. М. Линником и П. В. Катчем электрометаллизационные пистолеты в условиях острого дефицита газов начали заменять газовые аппараты и, постепенно вытеснив их, в данное время стали почти единственной применяемой аппаратурой в промышленности Союза.

В настоящее время в СССР металлизация начинает внедряться в различные отрасли техники, проведённые у нас экспериментальные работы и главным образом производственная эксплуатация значительного количества организованных в Союзе металлизационных установок позволили накопить достаточный опыт, а также разработать и освоить технологию применения металлизации в целом ряде областей.

В течение ряда лет металлизация применяется многими авторемонтными заводами, которыми освоено восстановление 20—30 наименований автотракторных деталей; она успешно используется ремонтными цехами при ремонте станков и оборудования, внедряется в литейных производствах как средство исправления дефектов отливок и т. д.

Результаты практического применения металлизации в этих целях в последние годы оказались настолько успешными, что многими союзными наркоматами изданы специальные приказы об обязательном внедрении металлизации на их предприятиях.

В условиях войны, а также и в послевоенный период металлизация как средство экономии чёрных и цветных металлов, а также в целях упрощения и удешевления ремонта оборудования приобретает особое значение и требует к себе внимания, как к важной народнохозяйственной задаче.

Экономика металлизации. Техно-экономическая рентабельность металлизации лучше всего может быть иллюстрирована практическими примерами её применения.

По данным 2-го Московского авторемонтного завода стоимость восстановления некоторых деталей автомобилей ЗИС-5 (в условиях работы мелкими партиями) может быть представлена табл. 1.

Сходная номенклатура ремонтируемых в США автодеталей приводится также Куммингом (2), который указывает, что их восстановление способом металлизации обходится не выше 30—50% стоимости новой детали (при очень низких американских ценах на запасные части).

Таблица 1

**Стоимость восстановления изношенных автодеталей ЗИС-5
методом металлизации (1)**

Наименование детали	Восстановленные места детали	Стоимость вос- станов- ления (ма- териал, ра- бочая сила, накладные расходы) в рублях	Отпускная цена новой детали в рублях	Стоимость восстанов- ления в % к стоимо- сти новой детали
Коленчатый вал .	7 коренных и 6 шатунных шеек	83,28	105,0	79,3
Кулачковый вал	4 опорных шейки	11,7	38,0	30,0
Вал привода водя- ного насоса	Шейки под втул- ку корпуса, под шкив вентилято- ра, под ведущий фланец муфты во- дяного насоса	9,40	8,80	107,0
Ось вентилятора	Шейки под пе- редний и задний роликовые под- шипники	3,75	5,50	68,0
Труба полуоси	Шейки под на- ружный и внут- ренний ролико- подшипники	9,45	50,0	18,9
Поворотный кулак	То же	4,48	26,0	17,4
Якорь генератора (валик)	Шейка у коллек- тора	1,48	16,50	9,0
Якорь стартера (валик)	Шейки у якоря, у коллектора и в приводе бендикса	3,07	17,75	17,2

Касаясь области ремонта автотракторных деталей, интересно отметить, что по данным Наркомзема в 1938 г. его МТС и МТМ были вынуждены только по двум типам тракторов (ХТЗ и СТЗ) сдать в утиль на 30 млн. руб. деталей, которые можно было бы восстановить металлизацией. По подсчётам НКЗ использование металлизации для восстановления только четырёх давно освоенных деталей трактора (коленчатого вала, трубы полуоси, нижнего вала коробки скоростей и бокового фланца) позволило бы получить не менее 14 млн. руб. годовой экономии.

Не менее очевидно рентабельность металлизации при ремонте станков и оборудования. Например стоимость восстановления двух шеек (Ф 114,0 мм) шпинделя станка «Цинциннати», включая операции подготовки и последующей обработки, при работах на ЧТЗ определилась в 60 руб. при стоимо- сти изготовления нового шпинделя в 610 руб.

Восстановление шейки шпинделя станка «Гарбек» (при длине 171 мм и Φ свыше 100 мм) требует 2,5 часа, что примерно соответствует затратам в 25 руб. вместо 520 руб. стоимости изготовления нового шпинделя.

Экономия времени при этом может быть видна из примера аварийной работы на ЧТЗ по восстановлению задранной шейки (Φ 112 мм) импортного вала фрикциона от 600-тонного прессы. Вал стоимостью не менее 5000 руб. был восстановлен на месте в течение одного дня, причём собственно металлизация была произведена в течение 1 часа.

На Ярославском паровозоремонтном заводе НКПС восстановление золотникового штока потребовало 1 часа 10 мин. при затратах металла на сумму 3 руб. Восстановление кулисы, при её стоимости свыше 500 руб., производилось в течение 1 часа 35 мин., золотникового кулачка — 27 мин., поршня пресс-маслёнок — 7 мин. и т. д.

Не меньшее технико-экономическое значение имеет применение металлизации для исправления отливок с дефектами по пористости, течам и раковинам. В этой области металлизация на правах самостоятельного технологического процесса узаконена и внедрена в производство на ЗИС, Кировском заводе ГАЗ и др., где применяется для исправления такого ответственного моторного литья, как рубашек цилиндров, блоков, картеров, головок двигателей, крышек головок, корпусов фильтров, водопомпы и др., в том числе с дефектами, при которых детали ранее относились к категории неисправимого брака и выбрасывались в металлолом.

Особый интерес представляет возможность устранения течи у окончательно собранных двигателей без их разборки. Эффективность такого способа исправления может быть видна из сопоставления стоимости заделки течи собранного танкового двигателя V-2 металлизацией и стоимости замены дефектной детали новой: 20 руб. вместо 2600 руб., не считая 40-кратного уменьшения времени на исправление, экономии дефицитного алюминия, устранения излишней загрузки оборудования и др. (по данным Кировского завода).

Огромная эффективность применения металлизации в широких производственных размерах видна на примере Горьковского автозавода, где в 1943 г. за время эксплуатации одного металлизационного поста только в течение 3 мес., а другого — 5 мес., было исправлено около 55,0 тыс. различных дефектных отливок общим весом 685,5 т, что по официальным данным ГАЗ позволило ему получить следующую экономию:

а) по рабочей силе	53,0 тыс. чел/час
б) металла (безвозвратные потери) .	58,0 т
в) кокса	161,0 »
г) мазута	51,0 »
д) электроэнергии	181,0 тыс. кВт-ч

что в денежном выражении составляет около 1 100 000 руб.

Применение металлизации как средства защиты от коррозии во многих случаях является не только целесообразным, но и единственно возможным способом. Например с помощью металлизации оказалось возможным решить сложную задачу защиты от действия сернистых дымовых газов конструкции наибольшей в Европе металлической трубы высотой 120 м и диаметром 5,5 м, построенной на Иртышском медеплавильном комбинате. В качестве надёжной защиты её мог быть использован только рольный свинец, обкладка

которым вызывала ряд технических затруднений и нежелательное утяжеление всей конструкции. В результате применения металлизации оказалось возможным наряду с разрешением трудной задачи газозащиты около 3000 м² поверхности трубы одновременно достигнуть экономии 200 т свинца.

Технико-экономическая целесообразность применения металлизации для повышения жаростойкости сталей также достаточно выявлена и доказана практикой. Например, по данным одного из авиазаводов стойкость ранее применявшихся им разливочных ковшей из котельного железа не превышала 9—10 смен, что вызывало необходимость изготовления более 3000 ковшей в год. Производимое с помощью металлизации алитирование ковшей привело к увеличению их стойкости до 63 смен.

Благодаря металлизации оказалось возможным полностью заменить потребляемую заводом для электротиглей жаростойкую сталь простым котельным железом, тигли из которого после алитирования выдерживали 140 заливок вместо 110 для жаростойкой стали.

Приведённые примеры далеко не исчерпывают разнообразных случаев применения металлизации и лишь в общих чертах дают представление о степени её экономичности.

Вместе с тем необходимо отметить, что рентабельность металлизации часто преувеличивается, почему к суждению о ней следует относиться с большой осторожностью, имея в виду, что экономическая эффективность металлизации в основном зависит от правильно выбранной области её использования.

Глава I

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАПЫЛЁННЫХ ПОКРЫТИЙ

Физико-механические свойства получаемых при металлизации покрытий сильно отличаются от свойств обычных металлов. Поэтому для установления практической возможности применения металлизации в тех или иных случаях знание особенностей строения слоя и его свойств, а также способов их регулирования является совершенно необходимым и обязательным.

1. Явления, сопутствующие процессу распыления металлов

Процесс распыления исходного металла и образование металлизационного слоя сопровождается рядом видоизменений физического и химического состояния металла, протекающих при воздействии целого ряда факторов, что можно представить в виде следующей схемы:

Основные стадии перехода исходного металла в металлизационный слой	Факторы, влияющие на свойства образуемых покрытий
Исходный металл	Химический состав
Воздействие высокой температуры	Температура пламени и продолжительность его воздействия; характер пламени (окислительное, восстановительное, нейтральное)
Расплавление	Степень нагрева. Перегрев. Окисление. Выгорание отдельных элементов
Распыление жидкого металла струёй сжатого воздуха	Давление и температура сжатого воздуха. Величина образуемых металлических частиц. Их температура. Окисление
Полёт частиц	Скорость полёта и живая сила частицы. Длина пути. Омывание воздухом и окисление. Охлаждение частиц в полёте
Соприкосновение с поверхностью — образование слоя	Температура частицы и её состояние (жидкое, пластическое, твёрдое). Удар. Деформация частицы. Температура поверхности изделия и её теплоёмкость и теплопроводность. Резкое охлаждение частицы

Исследованиям указанных в схеме процессов посвящено значительное количество работ, принадлежащих преимущественно иностранным авторам. Однако подавляющее большинство этих работ рассматривает вопросы мало применяемой у нас газовой металлизации, которые в условиях исключительного распространения у нас теперь электрометаллизации представляют лишь эбций и теоретический интерес.

Необходимо отметить, что многие вопросы теории и практики металлизации до настоящего времени остаются совершенно не изученными, причём вопросы электрометаллизации изучены и освещены особенно мало.

Имея в виду необходимость знакомства с особенностями металлизационных покрытий применительно к требованиям практики, в дальнейшем изложении будут приведены лишь сведения, касающиеся основных свойств покрытий, обобщающие имеющиеся по этому вопросу данные как в области газовой, так и электрической металлизации.

2. Механизм образования слоя и его строение

Образуемый в процессе металлизации слой представляет хаотическое нагромождение отдельных распылённых металлических частиц, размер которых в зависимости от условий распыления сильно колеблется и в среднем лежит в пределах от 1 до 4 μ и выше.

Частицы металла под воздействием струи сжатого воздуха вылетают с большой скоростью 140—130 м/сек, вследствие чего приобретают значительную, относительно своей массы, кинетическую энергию.

Состояние, в котором первоначально расплавленная частица достигает поверхности и ударяется о неё, в точности до настоящего времени не выяснено, вследствие чего существует несколько гипотез, различным образом объясняющих природу и механизм образования слоя.

Наиболее правильным следует считать воззрение, согласно которому частицы расплавленного металла вследствие кратковременности полёта (0,002 сек.) и отсутствия трения о воздух (объясняемого совпадением скоростей движения частицы и воздуха) достигают поверхности в жидком или пластическом состоянии. При ударе частицы сплющиваются и принимают форму чешуек, которые в процессе нагромождения друг на друга образуют покрытие, имеющее слоистое строение.

В результате соприкосновения с воздухом каждая из частиц покрывается плёнкой окислов, количество которых зависит от степени химической активности данного металла в отношении к кислороду воздуха.

При соприкосновении частицы с поверхностью металлируемой основы в момент прекращения её полёта происходит мгновенное её охлаждение за счёт смывания струей сжатого воздуха. Вследствие этого теплота частиц, обладающих крайне незначительной массой, почти полностью отнимается воздухом и не успевает передаваться поверхности изделия.

Этим обстоятельством объясняется отсутствие сколько-либо заметного нагрева изделия, а также кажущаяся парадоксальность возможности получения покрытий из частиц расплавленного металла на легковоспламеняемых материалах, например тканях, бумаге и даже взрывчатых веществах.

Деформация частиц при ударе о поверхность и их резкое охлаждение вызывают изменение металлографической структуры каждого отдельного зерна, а также появление в слое некоторых напряжений, (стр. 31).

При расплавлении проволоки в пламени с температурой, превышающей температуру плавления металла, помимо образования окислов, происходит также иногда более или менее глубокое изменение химического состава вследствие выгорания отдельных компонентов сплавов. Макрозернистое кучевое строение слоя и наличие на каждом из зёрен окисной плёнки выражается внешне в том, что неотделанное металлизационное покрытие имеет неблестящий матовый вид и напоминает мелкозернистую шкурку. Излом слоя по своему строению имеет некоторое сходство с изломом чугуна.

Специфическое строение металлизационного слоя можно видеть из приводимых типичных микрофотографий (фиг. 1 и 2).



Фиг. 1. Микрофотография напылённой стали. $\times 100$



Фиг. 2. Микрофотография напылённой стали. $\times 850$

Особенности образования и строения слоя определяют собой изменение первоначальных свойств исходного металла и приобретение им в металлизационном слое некоторых новых качеств, кратко рассматриваемых в последующих разделах.

3. Прочность сцепления

Одним из наиболее серьёзных факторов, определяющих практическую возможность применения металлизации, является прочность сцепления наносимого слоя с поверхностью основного металла.

Исследования, посвящённые этому вопросу, показывают, что при образовании слоя никакого сплавления или сваривания частиц как с основным металлом, так и друг с другом, не происходит, чему разными авторами даются различные толкования.

Следует считать, что сцепление слоя с поверхностью носит чисто механический характер и основано на адгезии, т. е. свойстве механического сцепления за счёт избыточной энергии поверхностного слоя.

Такая природа связи определяет относительно невысокую прочность сцепления металлизационных покрытий с основанием, которая всегда оказывается более низкой, чем при горячих и даже гальванических способах покрытия.

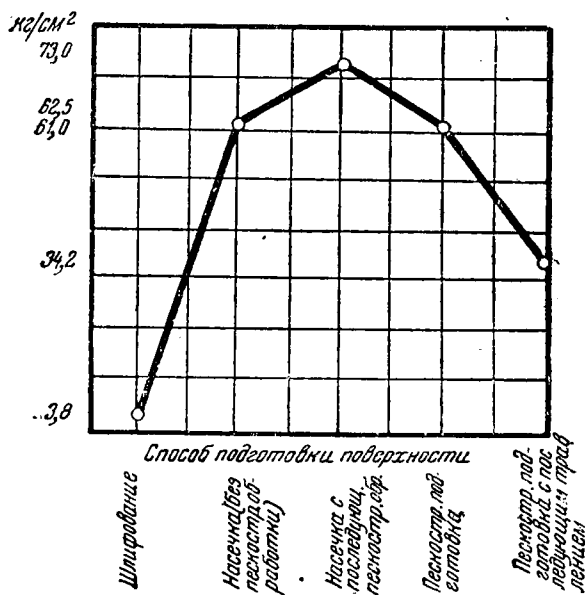
Величина прочности сцепления весьма сильно зависит от ряда факторов, основными из которых являются:

- а) качество подготовки поверхности,
- б) природа и свойства металлов,
- в) температура металлизированной поверхности,
- г) режим работы аппарата.

Зависимость прочности сцепления от подготовки поверхности. Из всех факторов, оказывающих влияние на прочность сцепления, наибольшее значение имеет качество подготовки поверхности.

Основное назначение подготовки сводится к приданию поверхности возможно более развитой шероховатости и чистоты, без чего получение сколько-нибудь удовлетворительного сцепления металлизационного покрытия является вообще невозможным.

Основными способами подготовки поверхности к металлизации служат: пескоструйная обработка и механические способы — нарезка, накатка и насечка, а также различные сочетания этих видов обработки друг с другом.



Фиг. 3. Прочность сцепления в зависимости от способа подготовки поверхности

Основание — чугун. Металлизационное покрытие — сталь.
Измерение прочности сцепления по методу Шенка.

Из исследований Эвертса (3) следует, что при подготовке стали наилучшие результаты обеспечиваются применением пескоструйной очистки с последующим травлением соляной кислотой. Однако по мотивам технологических пе-

удобств и недостаточной проверенности травление в практике металлизации никогда не используется и рекомендуется быть не может.

Относительную величину прочности сцепления стальных покрытий и её зависимость от характера подготовки поверхности можно видеть из полученной Гертопаном (4) диаграммы (фиг. 3).

Наилучшим и общепризнанным видом подготовки, доступным, однако, только для тел вращения, является способ нанесения рваной резьбы.

Цифровые значения прочности сцепления, приводимые различными авторами и исследователями, отличаются крайней пестротой и разноречивостью, что следует объяснить отсутствием единых методов производства измерений и несовершенством часто используемого способа, предложенного Шенком (5).

Исходя из данных отечественных исследований, следует, что при удовлетворительном качестве подготовки поверхности прочность сцепления, например для стального покрытия толщиной в 1 мм, наносимого на стальное основание с помощью электропистолета, в среднем лежит в пределах от 80 до 100 кг/см².

Зависимость прочности сцеплений от природы распыляемого металла и металла основания. Известно, что покрытия из легкоплавких металлов обладают способностью легко сцепляться с поверхностью различных материалов, металлизация которых тугоплавкими металлами в отдельных случаях вообще невозможна.

Следует отметить далее некоторое различие в поведении тугоплавких и легкоплавких металлов в отношении способности сцепления слоя с основанием (адгезия) и взаимного сцепления наносимых частиц друг с другом (когезия).

В частности у тугоплавких металлов (как латунь, медь, бронза и железо) вместе с увеличением толщины покрытия замечается возрастание когезии над адгезией, что у покрытий из легкоплавких металлов проявляется в гораздо меньшей мере. Вообще же в тонких слоях у всех металлов адгезия обычно преобладает над когезией.

Различие величины сцепления в зависимости от рода распыляемого металла, а также способа подготовки последнего и основания, иллюстрируется табл. 2.

Таблица 2

Прочность сцепления (в кг/см²) металлических покрытий в зависимости от рода металла и способа подготовки поверхности (Гертопан)

Способ подготовки поверхности	Сталь		Медь		Алюминий		Цинк	
	по стали	по чугу	по стали	по чугу	по стали	по чугу	по стали	по чугу
Шлифовка	8,7	3,8	6,7	5,7	5,8	3,8	3,0	—
Шлифовка и насечка .	30,0	62,5	18,0	20,0	11,5	25,7	22,0	25,8
Насечка + пескоструйная очистка	33,0	73,0	23,0	27,7	18,0	33,0	37,0	36,7
Пескоструйная очистка + травление	13,5	34,2	3,9	2,6	19,4	16,8	41,9	—

Из практики известно, что наименее прихотливыми в отношении требований к качеству подготовки поверхности являются олово, свинец и цинк.

Стальные покрытия обнаруживают хорошее сцепление лишь при тщательном выполнении подготовки поверхности.

Вследствие способности алюминия к сильному окислению сцепление алюминиевых покрытий сильно зависит от условий работы и в большинстве случаев бывает ниже, чем у других металлов. Сцепление у латунных и бронзовых покрытий лучше, чем у медных.

Различная способность металлов к сцеплению широко используется в практике для увеличения прочности связи покрытия с основанием.

С этой целью сначала наносится металл, обладающий более высокой способностью к сцеплению (например цинк), сверх которого накладывается требуемое покрытие с меньшей способностью к сцеплению (например медь).

Влияние температуры металлизированной поверхности на прочность сцепления. На прочность сцепления сильно влияет температура поверхности металлизированного изделия.

Опытами многих авторов показано, что увеличение температуры основания сопровождается весьма значительным повышением силы сцепления.

Например Шенк (5) при металлизации стали цинком с помощью подогревания изделия до 250° получил увеличение прочности сцепления с 20 до 70 кг/см^2 .

По данным Гефта (6) возрастание силы сцепления наблюдается также и при покрытиях из других металлов (фиг. 4), что подтверждается и многими другими авторами.

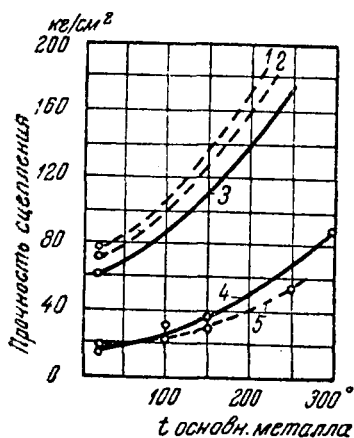
Благоприятное действие нагревания, как средства увеличения прочности сцепления, на практике используется лишь в редких случаях, главным образом вследствие трудностей осуществления подогрева в производственных условиях, а также потому, что подогревание изделия одновременно с повышением прочности сцепления вызывает некоторое ухудшение других свойств (уменьшение твердости, увеличение содержания окислов и понижение плотности покрытия).

Следует отметить особенное значение подогрева при распылении алюминия по алюминию, без применения которого получение

удовлетворительных результатов часто вообще оказывается невозможным.

Влияние режима работы на прочность сцепления. При металлизации под режимом работы подразумевается рабочий режим металлизационного пистолета, т. е.:

- 1) давление сжатого воздуха,
- 2) расстояние от сопла пистолета до металлизированной поверхности,
- 3) скорость подачи проволоки,
- 4) напряжение тока,
- 5) сила тока,
- 6) давление газов (при работе на газовых пистолетах),
- 7) скорость перемещения пистолета относительно покрываемой поверхности.



Фиг. 4. Прочность сцепления в зависимости от температуры металлизированной поверхности:

1 — сталь на сталь; 2 — сталь на чугун; 3 — сталь на алюминий; 4 — медь на медь; 5 — медь на сталь.

Имеющиеся данные о влиянии режима работы на свойства получаемых покрытий почти исключительно посвящены газовой металлзации.

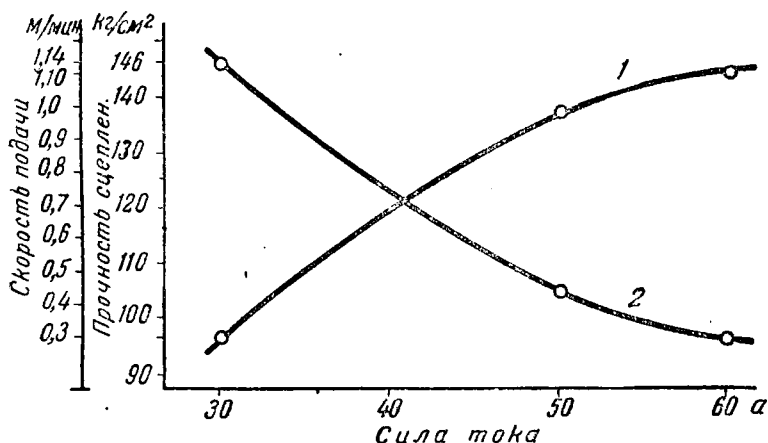
Ввиду отсутствия при газовой и электрической металлзации принципиального отличия в механике образования слоя можно считать, что в обоих случаях:

а) повышение давления воздуха (свыше нормального для работы аппарата данной конструкции) не ведёт к увеличению прочности сцепления;

б) при увеличении расстояния от сопла до поверхности прочность сцепления понижается;

в) увеличение скорости подачи проволоки (при электрометаллизации — соответственное увеличение силы тока) вызывает понижение прочности сцепления.

Зависимость сцепления от скорости подачи при электрометаллизации была изучена на МАРЗ, получившем следующую диаграмму (фиг. 5).



Фиг. 5. Прочность сцепления при электрометаллизации в зависимости от потребляемой силы тока (скорости подачи):

1 — скорость подачи проволоки; 2 — сила сцепления.

Влияние режима работ на прочность сцепления, как это отмечается МАРЗ, при электрометаллизации вообще проявляется в весьма слабой степени.

Необходимо подчеркнуть, что, несмотря на низкие абсолютные значения прочности сцепления металлizationных покрытий, таковая оказывается вполне достаточной для практических целей и позволяет производить обработку напыленных покрытий резанием так же, как обычных металлов.

4. Плотность, удельный вес, проникаемость напылённого металла

Пористость и удельный вес покрытий. Кучеобразное, слоистое строение слоя, образуемого из отдельных расплюснутых частиц, обуславливает неизбежную пористость металлizationных покрытий.

Количество пор и их размеры были установлены Эвертсом (3) микроскопическим способом и указаны в табл. 3.

Таблица 3

Металл	Характеристика покрытия	Число пор на 1 мм ²	Диаметр пор в микронах
Медь	Неплотный слой	22	2—7
Медь	Очень плотный слой	5	2,5
Алюминий	Неплотный слой	22	2—20
Алюминий	Очень плотный слой	45	0,3—0,7
Цинк		1000	0,1—1,0
Свинец	Неплотный слой	4000	0,1—0,5
Свинец	Очень плотный слой	5000	0,01—0,03

Из таблицы видно, что покрытия из тугоплавких металлов имеют меньшее количество пор больших размеров и, наоборот, покрытия из легкоплавких металлов содержат большое количество пор гораздо меньших размеров.

Объясняется это тем, что тугоплавкие металлы попадают на поверхность в пластическом состоянии и образуют слой из чешуек с пустотами между ними; более же легкоплавкие металлы попадают в жидком состоянии и образуют слой из сплетения мелких и очень многочисленных брызг.

Пористость слоя, а также наличие в нём металлических окислов (имеющих меньший вес, чем чистые металлы) сказываются в снижении удельного веса напылённого металла, а также в проницаемости тонких металлизационных покрытий для газов и жидкостей.

Удельные веса, полученные различными исследователями, указаны в табл. 4.

Таблица 4

Удельный вес металлов, получаемых при металлизации распылением

Металл	Удельный вес литого металла	Удельный вес напылённого металла				
		По Арнольду	По Тернеру	По Мати	По данным Оргаметалла	
					электрометаллизация	газовая металлизация
Олово	7,28—7,3	6,82	7,1	6,95	—	6,82
Свинец	11,36	9,78	—	—	10,73	10,57
Цинк	6,92—7,2	6,32	6,4	6,46	6,2	6,5
Алюминий	2,54—2,67	2,31	2,4	2,44	—	2,55
Латунь	8,30—8,67	7,32	—	—	7,7	7,10
Бронза	8,76	7,77	—	—	—	8,10
Медь	8,65—8,93	7,51	8,0	7,91	—	8,79
Железо	7,86	—	6,5	—	6,5—7,0	7,38
Нержавеющая сталь	7,64	—	—	—	—	7,16
ЭА-1 с Ti	7,95	—	—	—	—	7,41

Удельные веса распылённого металла не являются строго постоянными и могут колебаться в зависимости от режима работы.

Существует несколько различных методов определения пористости и проницаемости покрытий, из которых самым простым и наглядным является сравнение удельных весов литого и распылённого металлов, дающее возможность выразить величину пористости в процентах.

Выраженная этим способом величина пористости, по вычислениям Арнольда, имеет следующие значения:

для олова	6,4	для бронзы	11,3
» цинка	8,6	» латуни	11,8
» алюминия	9,0	» свинца	14,0
		» меди	15,9

Проницаемость покрытий. Степень проницаемости покрытий для газов и жидкостей прежде всего определяется толщиной слоя.

Как показал Эвертс (3), степень проницаемости покрытий из свинца, цинка и стали быстро уменьшается вместе с увеличением толщины слоя.

Покрытия же из алюминия, обладающие особенно большой проницаемостью, уменьшают её весьма незначительно, даже в случае сильного увеличения толщины слоя.

Для получения слоя без видимых на просвет пор, по Эвертсу, требуется следующая минимальная толщина слоя (в мм):

для цинка	0,08	для монель-металла	0,22
» свинца	0,13	» стали	0,22
» меди	0,18	» стали V 2-A	0,26
» алюминия	0,22		

При оптимальных режимах металлизации непроницаемость покрытий для воды (под давлением в 1 ати) может быть достигнута при толщине — не менее (в мм):

для свинца	0,2	для алюминия	0,23
» цинка	0,2	» стали V 2-A	0,56

Заметное влияние на плотность покрытия оказывает также расстояние от сопла пистолета до поверхности, с увеличением которого плотность сильно понижается. Работа на близком расстоянии является обязательным правилом для получения плотных покрытий из алюминия.

Увеличение плотности покрытий может быть достигнуто также следующими средствами:

- 1) нагревом,
- 2) шлифовкой,
- 3) пропиткой,
- 4) обработкой веществами, вызывающими химическое уплотнение.

Полученные Эвертсом данные, характеризующие увеличение плотности в результате нагрева, шлифовки и полировки покрытий, сведены в таблицу (см. табл. 5 на стр. 20).

Метод пропитки находит применение исключительно при получении антикоррозионных покрытий и сводится к заполнению пор веществами, стойкими к воздействию соответственной среды (стр. 134).

Возможность химического уплотнения металлизационных покрытий известна лишь по небольшому числу упоминаний в иностранной печати (стр. 135).

Таблица 5

**Повышение плотности напылённых слоёв под влиянием
различных воздействий**

Металл	Повышение плотности в результате		
	нагрева	шлифовки	полировки
Свинец	—	от 5 до 2700 раз	от 5 до 1500 раз
Цинк	в 11 раз	» 5 — 380 »	» 3 — 122 »
Алюминий	от 3,5 до 17 раз	» 5 — 860 »	» 137 — 493 »
Медь	» 1,5 — 11,0 »	» 5 — 48 »	» 30 — 290 »
Сталь	» 2,5 — 3,5 »	» 4 — 12 »	» 12 — 1590 »

5. Твёрдость покрытий

Твёрдость металлизационных покрытий. Повышение твёрдости напылённого металла в сравнении с твёрдостью исходного является одним из характерных свойств процесса металлизации.

Прирост твёрдости колеблется в широких пределах и у стальных покрытий достигает 40% и выше.

Твёрдость цветных металлов в результате распыления также повышается и приобретает примерно следующие значения (7):

Таблица 6
Сравнение твёрдости литого и распылённого
металла

Металл	Твёрдость H_B	
	литой	распылён- ны
Цинк	24	17—24
Алюминий	21	26—40
Медь	50	61—97
Латунь	58	58—108

Приводимые в различных источниках цифровые значения твёрдости покрытий отличаются пестротой и разноречивостью вследствие того, что приняты типовые методы измерения твёрдости на приборах Бринелля, Роквелла, Шора, Виккерса и др. не могут дать вполне сходных между собой результатов в силу особенности строения металлизационных покрытий, отличающихся пористостью и неоднородностью.

По этой причине с помощью указанных приборов возможно определить лишь некоторое среднее значение твёрдости для данного участка поверхности, но нельзя установить истинной твёрдости отдельных частиц и их структурных составляющих.

Указанная точка зрения подтверждается результатами исследований микротвёрдости стальной проволоки и напылённого из неё слоя, приводимыми в табл. 7.

Таблица 7

**Микротвёрдость (твёрдость отдельных составных частей зёрен)
напылённого слоя**

Металл	Структурная составляющая	Твёрдость H_W	Прирост твёрдости в %	Примечание
Стальная проволока . . . Напылённый из неё слой	Сорбит	238	—	—
	Сорбит в стадии распада	238	—	—
	Троостосорбит	300	26	—
	Троостомартенсит	393	65	Преобладающее количество
	Мартенсит	535	128	Значение H_W приближительное
	Окислы	240—265	—	

Как видно из табл. 7, общее повышение твёрдости в основном вызывается не наличием окислов, как это объясняют Кесснер и Эвертс (9), а изменением, под воздействием резкого охлаждения, микроструктуры отдельных металлических частиц и их составляющих.

Из сказанного следует, что на степень повышения твёрдости может влиять как состав применяемого металла, так и режим работы.

Повышение твёрдости стальных покрытий в зависимости от содержания углерода. На твёрдость стальных покрытий прежде всего влияет содержание углерода в проволоке, что видно из таблицы Оргаметалла (табл. 8).

Таблица 8

Твёрдость литой и напылённой стали в зависимости от содержания углерода

Содержание углерода в %		Твёрдость по Бринеллю		
в проволоке	в напылённом слое	проволоки	наплавленного слоя	прирост твёрдости
0,80	0,73	230	318	+88
0,62	0,56	194	267	+73
0,44	0,40	158	230	+72
0,10	0,07	104	192	+88
0,06	0,04	—	142	—

Аналогичная зависимость подтверждается данными Грановского (10) и Кунклера (11).

Зависимость твёрдости стали от содержания в ней других элементов, а также твёрдости цветных металлов от их химического состава до настоящего

Таблица 9

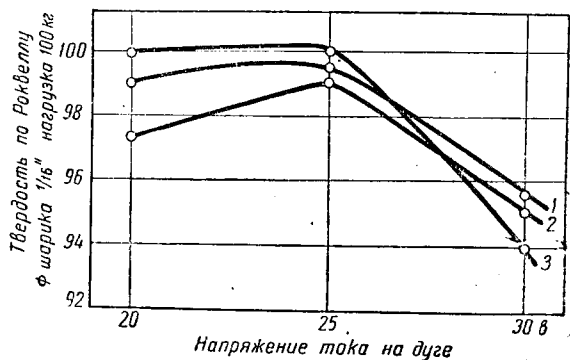
Твёрдость напылённой стали в зависимости от содержания углерода

Содержание углерода в проволоке, %	Твёрдость покрытия	
	по Грановскому (Бринелль)	по Кунклеру (Шор)
0,10	179	26
0,40	258	40
0,80	395	60
1,20	534	75

времени не изучены. Известно только, что при распылении марганцовистой стали образуются покрытия, обладающие повышенной твёрдостью и хрупкостью.

Зависимость твёрдости от режима работы. Как при газовой, так и при электрической металлизации нагрев металлизированного изделия вызывает снижение твёрдости, а работа на повышенном давлении сжатого воздуха вызывает повышение твёрдости покрытий.

Изменение других параметров рабочего процесса весьма различно влияет на изменение твёрдости в зависимости от рода применяемого металла и конструкции металлизационного аппарата. В частности при электрометаллизации значительное влияние на твёрдость оказывает рабочее напряжение тока, что видно из фиг. 6 (12).



Фиг. 6. Твёрдость электрометаллизационных покрытий в зависимости от применяемого напряжения тока.

Аппарат ЛК-2; сила тока — 60 а; давление воздуха — 6 атм; материал — ст. 6. Приложение нагрузки на образец — в плоскости нормальной оси напыления; 1 — $l=50$ мм; 2 — $l=25$ мм; 3 — $l=75$ мм.

Результаты изучения зависимости твёрдости от других факторов режима электрометаллизации на 2-м МАРЗ (13) и в ЦНИИМАШ отличаются разнообразием и отсутствием ярко выраженных закономерностей, что нужно объяснить невозможностью в практических условиях точно и по желанию

регулировать режим работы металлизационных пистолетов электрического типа.

В заключение необходимо отметить следующее:

1) определение твердости распыленных покрытий обычно затрудняется большим разбросом показаний, вызываемых пористостью и неоднородностью покрытий;

2) типовые приборы Бринелля, Роквелла, Шора, Мартенса и др. при определении твердости металлизационных покрытий не дают сходственных результатов, поэтому их показания не могут переводиться по сравнительной шкале;

3) твердость металлизационных покрытий не может служить основанием для суждения об их износоустойчивости по аналогии с обычными металлами.

6. Сопротивление износу

Износоустойчивость металлизационных покрытий в условиях работы на трении. Рассмотрение износоустойчивости металлизационных покрытий может представлять интерес лишь с точки зрения их работы на трение в условиях смазки.

Сопротивление износу напыленных покрытий при сухом трении в 2—3 раза меньше, чем у обычных металлов.

Однако при работе на трение в условиях смазки, как это в настоящее время доказано, металлизационные покрытия сравнительно с обычными металлами обладают более низким коэффициентом трения и более высокой износоустойчивостью (14, 15).

Высокую износоустойчивость покрытий следует объяснить повышением в процессе металлизации твердости отдельных металлических частиц, а также пористостью слоя, обладающего способностью впитывать в себя масло до 10% своего объема, что определяет особо благоприятные условия смазки.

Указанные обстоятельства придают металлизационным покрытиям свойства пористых металлокерамических антифрикционных сплавов, среди которых особенно важное — способность безболезненно и в течение длительного времени продолжать нормальную работу без доступа смазки (от 22 до 190 час. в разных случаях).

Рядом специально поставленных опытов Шоу показал, что при равных условиях для заедания вала с металлизированной шейкой требуется в 3—4 раза большая нагрузка, чем для неметаллизированной шейки из обычной стали (1,77—1,92 вместо 0,45—0,52 кг/мм²).

Приведенные им же эксплуатационные испытания коленчатых валов двигателей пассажирских и грузовых автомобилей показали, что у бензиновых двигателей износ металлизированных шеек примерно на 15% меньше, чем у шеек неметаллизированных.

Особо благоприятные результаты показали испытания шеек валов дизельных двигателей автобусов, где износ металлизированных шеек составлял всего 50% от износа шеек из обычной стали.

Интересно отметить, что износ подшипников, работающих сопряженно с металлизированными шейками, также значительно уменьшается: у бензиновых двигателей — на 30—40%, у дизельных — на 55%.

Повышение износоустойчивости распыленного металла, по сравнению с литым имеет место не только при металлизации стали и других металлов,

но наблюдается также и при распылении специальных антифрикционных сплавов. Например при сравнительных испытаниях нормально залитых и металлизированных подшипников для заедания шеек понадобилась следующая нагрузка:

Т а б л и ц а 10

Сравнение условий заедания литых и металлизированных подшипников

Нагрузка, вызывающая заедание, в кг						
При скорости вращения м/мин	Б а б б и т		Свинцовистая бронза		Кадмиево-серебряный медный сплав	
	литой	металлиз.	литая	металлиз.	литой	металлиз.
152	1307	1743	1407	1611	1452	1598
304	2615	3196	1929	2288	2750	3051
912	1743	1824	1888	2606	2324	2470

Работами Института химического машиностроения (16) установлена возможность получения путём распыления биметаллической проволоки антифрикционных покрытий из несводсплавов, например медно-свинцового, сплава алюминий — свинец и др.

По данным испытаний Московского института стали следует, что покрытия, образуемые распылением биметаллической проволоки (свинец — алюминий в соотношении 1:1), обладают большей износостойчивостью, чем лучшие сорта антифрикционных сплавов. Результаты этих испытаний приводятся в табл. 11.

Т а б л и ц а 11

Сравнительная износостойчивость антифрикционных покрытий, получаемых распылением биметаллической проволоки

Испытуемый сплав	Условия испытаний		Износ г/см ² ·км	Коэффициент трения
	скорость скольжения м/мин	нагрузка кг/см ²		
Баббит оловянистый . .	20	75	0,00004	0,0097
Баббит нитрокальциевый	20	75	0,00083	0,0083
Металлизированное покрытие из Al + Pb (1:1) .	20	75	0,000014	0,0041

Высокие износостойчивость и антифрикционные качества металлизационных покрытий достаточно доказаны опытом применения металлизации на отечественных предприятиях и в настоящее время являются общепризнанными.

В области получения антифрикционных покрытий следует также отметить положительные опыты введения в слой в процессе распыления свободного углерода (МИХМ), а также получение покрытий из антифрикционного чугуна (ЦНИИТМАШ).

Влияние режима металлизации на износостойчивость покрытий. Из опытов МИМЭСХ (17) следует, что износостойчивость стальных покрытий находится в прямой связи с их твёрдостью. Это положение может считаться справедливым лишь в случае полного сходства остальных свойств покрытия. соблюдение чего в производственной обстановке не всегда представляется возможным.

Совершенно очевидно, что помимо твёрдости, на износостойчивость покрытий влияет плотность покрытия, состав применяемого металла и другие факторы, значение которых до настоящего времени остаётся не изученным.

Имеющиеся данные по определению зависимости сопротивления износу стальных покрытий от режима металлизации позволяют отметить лишь следующие относящиеся к металлизации электрическим способом выводы:

- 1) с увеличением расстояния от пистолета до поверхности износостойчивость понижается;
- 2) повышение рабочего напряжения вызывает ухудшение износостойчивости;
- 3) при увеличении силы тока износостойчивость падает;
- 4) с повышением давления воздуха износостойчивость возрастает;
- 5) с ростом температуры металлируемого тела сопротивление износу уменьшается.

7. Растяжение, сжатие, изгиб, кручение, сопротивление усталости

Механическая прочность металлизационных покрытий значительно ниже прочности литых металлов, что легко объясняется особенностями строения слоя — природой сцепления частиц друг с другом, а также его пористостью и неоднородностью.

Всякое металлизационное покрытие вследствие этого прежде всего характеризуется низкой пластичностью и повышенной хрупкостью, что соответственно влияет и на остальные механические качества.

Прочность напылённого металла в чистом виде. Небольшую прочность и почти полное отсутствие пластичности у напылённого металла сравнительно с литым можно видеть из сопоставления значений временного сопротивления разрыву и относительного удлинения, приводимых Мати (18) в виде табл. 12.

Таблица 12
Сравнение механических свойств литых и напылённых металлов

Металл	Временное сопротивление разрыву кг мм ²		Относительное удлинение в % (к 50 мм)	
	литой отожжённый	напылённый	литой отожжённый	напылённый
Цинк	11,27	3,24	65	1,3
Алюминий	9,15	3,45	45	1,1
Медь	22,55	3,10	58	0
Олово	2,11	2,32	80	1,3
Свинец	1,41	1,37	64	1,5
Латунь	31,63	2,64	60	0

В практике металлизации покрытия в чистом виде почти никогда не применяются, — они всегда работают лишь совместно с изделием.

Механическая прочность одного напылённого слоя вследствие этого имеет лишь относительный интерес и ни в коем случае не может служить критерием для суждения о способности слоя испытывать различные нагрузки, когда он работает вместе с металлизированной деталью.

Часто допускаемое отождествление этих свойств является ошибочным, почему при рассмотрении механических качеств покрытий необходимо отличать прочность специально изготовленных образцов, целиком состоящих из напылённого металла, от поведения покрытий при испытаниях их совместно с основанием.

Прочность металлизационного покрытия при совместной работе с основанием. В отношении механической прочности металлизационного слоя его поведение при совместной работе с основанием весьма своеобразно и может быть выяснено на примере исследований временного сопротивления разрыву (8).

Наиболее характерные данные специальных испытаний на растяжение образцов, металлизированных сталью, приведены в табл. 13.

Таблица 13

Прочность металлизационных покрытий из стали при испытаниях на разрыв

Способ металлизации	Предел пропорциональности кг/мм			Напряжения, вызывающие появление первой трещины в слое, кг/мм ²		Временное сопротивление разрыву кг/мм ²		
	контрольный образец	с учётом напылённого слоя	без учёта напылённого слоя	с учётом напылённого слоя	без учёта напылённого слоя	контрольный образец	с учётом напылённого слоя	без учёта напылённого слоя
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>
Газовая металлизация . .	29,1	27,7	44,85	31,25	50,6	57,5	35,8	57,7
Электрометаллизация . .	29,1	22,1	37,25	27,1	43,9	57,5	35,5	57,5

a — чисто стальные контрольные образцы;

б — стальные образцы Ø 11 мм с металлизационным покрытием толщиной 1,5 мм на сторону; расчётная прочность относится ко всему сечению, включая металлизационное покрытие, т. е. к Ø = 14 мм;

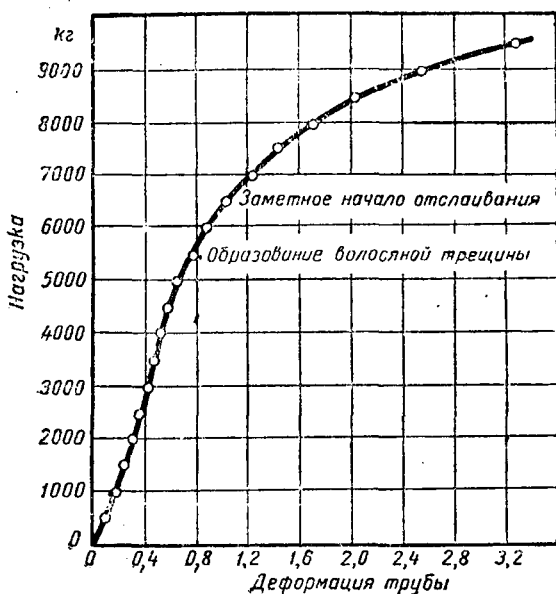
в — то же, но расчёт только по основному сечению стального образца Ø 11 мм без учёта металлизационного покрытия.

Имеющиеся данные испытаний позволяют отметить следующие положения:

1) разрушение напылённого слоя происходит лишь после того как деформация основного металла выходит за предел его упругости;

2) металлизационный слой, обладая малой собственной прочностью, не вызывает повышения временного сопротивления разрыву, почему расчёт действующих напряжений должен производиться только по рабочему сечению основного металла;

3) если в подсчёте напряжений не учитывать толщину напылённого слоя и относить их только к сечению основного металла, то предел пропорциональности за счёт влияния металлизационного покрытия сильно повышается.



Фиг. 7. Диаграмма сжатия трубы полуоси, металлизированной сталью.

Испытуемый образец — кольцо, вырезанное из металлизированной трубы полуоси (дет. №14—012). Металлизировано аппаратом ЛК-2 по рваной резбе. Толщина нанесённого слоя — 1,0 мм. Материал для металлизации — ст. 1360. Испытание производилось на прессе Амслера (с фиксацией деформации индикатором).

Временное сопротивление сжатию. По отношению к воздействию сжимающих усилий металлизационные покрытия отличаются наибольшей прочностью. Например, временное сопротивление сжатию для напылённой стали равно 80—120 кг/мм², что превышает прочность обычного чугуна. Относительное сжатие у чисто напылённой стали невелико и лежит в пределах 4—10%.

Диаграмма сжатия, резко наступающий момент разрушения образцов, а также характер излома являются типичными для неоднородных хрупких материалов, в чём распылённая сталь также имеет некоторое сходство с чугуном.

Поведение покрытий, нанесённых на основание, под воздействием сжимающих усилий иллюстрируется приводимой на фиг. 7 диаграммой испытания на сжатие производственной детали (трубы полуоси автомашины), металлизированной стальным слоем толщиной в 1 мм.

Рассмотрение диаграммы показывает, что при сжатии первые признаки разрушения покрытий, как и в случае растяжения, появляются лишь после того как деформация детали перешла за предел упругости.

Из сказанного следует, что металлизационные покрытия в условиях сжимающих нагрузок характеризуются высокой прочностью не только при совместной работе с основанием, но благодаря высокому значению временного сопротивления сжатию (для стали 80—120 кг/мм²) могут самостоятельно использоваться и без основания — в чисто напылённом виде.

Отношение покрытия к действию изгибающих усилий. Так же, как при растяжении и сжатии, разрушение нанесённого на изделие покрытия при действии изгибающих усилий происходит лишь за пределом упругих деформаций основного металла.

Временное сопротивление изгибу у напылённого металла совершенно ничтожно, потому самостоятельное его использование для работы на изгиб невозможно.

Т а б л и ц а 14

Зависимость сопротивления изгибу от толщины слоя

Способ металлизации	Значение σ кг/мм ² при толщине слоя		
	0,5	1,5	3,0
Газовая металлизация	82	124	163
Электрометаллизация	75	89	116

Отсутствие пластичности слоя подтверждается низкими значениями стрелы прогиба, даже при изгибе слоя совместно с основанием. Интересно отметить, что толщина слоя у стальных покрытий, нанесённых способом электрометаллизации, в пределах 0,5—3,0 мм сколько-либо заметного влияния на стрелу прогиба не оказывает.

Вместе с тем, при расчёте прочности только по сечению основного металла, увеличение толщины слоя вызывает заметное

повышение сопротивления изгибу, что для стальных покрытий характеризуется примерными значениями, данными в табл. 14.

Поведение покрытий из легкоплавких металлов (олово, свинец, цинк) в таких условиях (толщиной по 0,1 мм) при изгибе вместе с основанием гораздо более благоприятно. В подобных случаях металлизированные образцы допускают изгибание до 90—120° без отслаивания покрытий.

Работа покрытий на кручение. Поведение покрытий при скручивании ничем не отличается от их поведения при изгибе.

Как и в предыдущих случаях, разрушение слоя при скручивании наблюдается лишь за пределом упругих деформаций основания, причём образование первых признаков разрушения (трещин) происходит при очень малых углах закручивания: например у стального слоя толщиной 1,5 мм разрушение наступает при угле закручивания всего в 7—10°.

Предел усталости покрытий. Часто встречающееся мнение о повышенной восприимчивости металлизационных покрытий к усталостным нагрузкам, как это выяснено в последнее время, является неосновательным.

Данные специальных испытаний показывают, что напылённый слой при совместной работе с основанием не только выдерживает усталостные напряжения при переменном изгибе, но даже сам принимает некоторое участие в работе детали.

Если при этом приложенное усилие относится только к сечению основного металла, то предел усталости, как и при других видах нагрузок, не падает, а заметно возрастает. В случае стальных покрытий такое увеличение предела усталости достигает 20%.

Испытанием на усталость выявлено также, что характеристики электрометаллизационных покрытий отличаются большим разбросом показаний и что их прочность уступает прочности покрытий, наносимых газовым способом.

Механическая прочность металлизационных покрытий и возможность их практического применения. Рассмотрение механической прочности покрытий позволяет отметить следующие, основные и общие для всех видов нагрузок, положения:

1. Напылённый металл в чистом виде обладает весьма малой прочностью, исключающей возможность его самостоятельного применения (кроме случаев работы на сжатие).

2. При совместной работе с основанием металлизационный слой свободно переносит все виды статических нагрузок. Разрушение слоя и его отслаивание происходят лишь в результате деформаций, превосходящих предел упругости основания, что у деталей с нормальным запасом прочности не может иметь места.

3. Вследствие малой прочности напылённого металла геометрическое увеличение размеров детали при металлизации никакого практического увеличения её прочности не вызывает. Поэтому при определении прочности металлизирваемой детали следует исходить только из соображений её собственной прочности, соответствующей размерам детали до металлизации.

4. Отсутствие пластичности и хрупкость покрытий не позволяют применять их в случаях воздействия ударных нагрузок, однако не препятствует обработке их резанием и применению в условиях статических нагрузок.

Приведённые положения в достаточной мере характеризуют прочность металлизационных покрытий и позволяют установить принципиальную возможность применения металлизации в различных практических случаях.

8. Действие высоких температур и термообработка

Вопросы термической обработки металлизационных покрытий почти не изучены и могут быть освещены лишь на основании отдельных встречающихся в литературе данных. Действие высоких температур необходимо рассматривать с двух точек зрения:

- а) со стороны поведения слоя при воздействии на него нагрева в процессе эксплуатации детали;

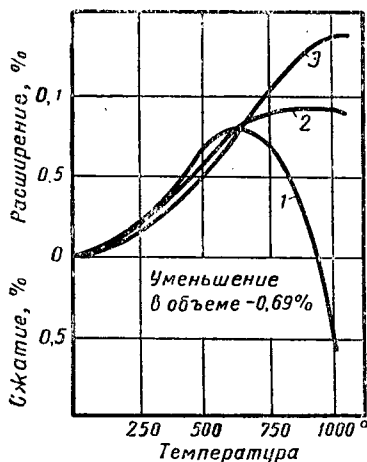
- б) с точки зрения изменения структурных и механических свойств покрытия вследствие термообработки.

Поведение слоя под действием высоких температур. Действие высоких температур при доступе кислорода прежде всего сопровождается процессом окисления металлического покрытия, что лишь в редких случаях может иметь положительное значение. Например Эвертс (3) нашёл,

что путём нагревания покрытий можно достигнуть увеличения плотности покрытий до 10 раз и выше.

С другой стороны, необходимо отметить, что вследствие несходства коэффициентов теплового расширения у обычных и напылённых металлов нагрев может вызывать некоторое ослабление связи. Подобные опасения подтверждаются данными Тормапа (19), нашедшего, что коэффициент теплового расширения у напылённых металлов меняется под влиянием различных факторов режима металлизации.

На прочность сцепления может влиять также своеобразность процесса расширения покрытий, поведение которых при нагреве до 1000° видно из полученных Ролассоном кривых (фиг. 8 и 9) (20).



Фиг. 8. Поведение металлизационных покрытий из меди при нагревании:

1 — первое нагревание; 2 — второе нагревание; 3 — третье нагревание.

Фиг. 8 показывает, что у медных покрытий при первом нагреве нормальное расширение имеет место только до 600° , после чего наступает сжатие вследствие кристаллизации и коалесценции окислённых частиц. Расширение при вторичном нагревании уравнивает предшествующее сжатие и лишь только при третьем нагревании наблюдается нормальное расширение до 1000° . Поведение стальных покрытий при нагреве аналогично поведению медных, что видно из фиг. 9.

Следует отметить способность алюминиевых покрытий при охлаждении после нагрева, в противоположность покрытиям из других металлов, давать не усадку, а остаточное расширение до 1%.

Указанной своеобразностью поведения металлизационных покрытий при нагреве, по-видимому, и объясняется отмеченное Гейффом (6) ухудшение их стойкости при температурых свыше 360° , особенно резко проявляемое в отношении покрытий из меди и стали.

Опытами Барденгейера (21) и др. показано также, что длительный нагрев в окислительной атмосфере вызывает образование сплошной окисной плёнки на границе металла с основанием, что ведёт к резкому снижению или даже к полному нарушению связи между покрытием и основанием.

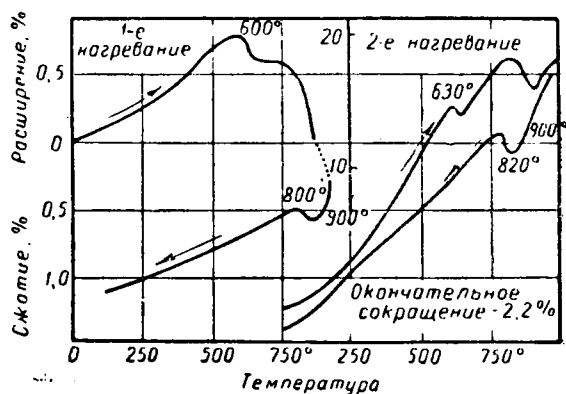
Таким образом следует, что в условиях высокого и продолжительного нагрева, в особенности при частых и резких колебаниях температур, металлизационные покрытия применяться не могут, за исключением способных к диффузии алюминиевых покрытий, применяемых для повышения жаростойкости сталей (стр. 145).

Термообработка покрытий. Единственным применяемым в практике видом термообработки металлизационных покрытий является отжиг.

Глидден (22) и другие авторы указывают, что термообработка стальных покрытий ведёт к уменьшению твёрдости, увеличению прочности сцепления и улучшению обрабатываемости.

По данным Ролласона (20) при отжиге стальных покрытий при 300° наблюдается рекристаллизация напылённого металла и коалесценция окислов.

В результате такого отжига стержень, металлизированный слоем в 1,6 мм, без повреждения изгибался в холодном состоянии на 90°.



Фиг. 9. Поведение металлизационных покрытий из мягкой стали при нагревании.

Можно считать установленным, что кратковременный отжиг (1—2 часа) стальных покрытий при 850—900° прежде всего ведёт к резкому снижению твёрдости, что видно из следующих данных (23).

Таблица 15

Влияние отжига на твёрдость покрытий

Способ измерения	Твёрдость покрытия	
	начальная	после отжига
Бринелль	203	59
Роквелл	63	17,8
Шор	49,6	13,3

Имеются данные, указывающие, что отжиг покрытий увеличивает прочность сцепления.

Как уже указывалось, частицы, составляющие металлизационное покрытие, находятся в напряжённом состоянии. Благодаря этому, а также вследствие усадки при охлаждении у металлизационных покрытий, наносимых на плоскость, проявляется тенденция к отслаиванию, возрастающая вместе с увеличением толщины слоя. Поэтому нанесение покрытий на плоские поверхности, а также на внутренние стенки отверстий возможно не во всех случаях и часто связано с риском отслаивания.

В таких случаях в смысле прочности сцепления отжиг должен быть признан полезным, так как его применение ведёт к устранению имеющихся в слое напряжений.

При нанесении покрытий по наружной поверхности тел вращения возникающие в слое сжимающие усилия могут лишь благоприятствовать сцепле-

нию. Здесь применение отжига не может иметь никакого смысла, за исключением случаев, когда при очень толстых покрытиях возникающие в них напряжения вызывают образование в слое трещин.

Другие виды термообработки металлизационных покрытий не дают нормального эффекта, вследствие чего не находят никакого практического применения.

Например закалка стального образца, металлизированного сталью, привела к повышению твёрдости основания с 28 до 60 и к резкому снижению твёрдости самого покрытия — с 57 до 23 по Шору.

Цементация стальных покрытий также даёт результат, прямо противоположный обычному: вместо повышения твёрдость сильно понижается, что Ролласон объясняет взаимодействием цементационного материала с содержащимися в плёнке окислами.

Лишь после полного восстановления всех окислов до чистого металла возможно некоторое науглероживание металла и образование зёрен перлитовой структуры.

Глава II

АППАРАТУРА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

А. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ

1. Пескоструйная очистка

Пескоструйная обработка является одним из основных способов подготовки поверхности к металлизации, почему пескоструйная установка входит в состав оборудования, обязательного для всякой металлизационной мастерской.

Для пескоструйной подготовки металлируемой поверхности может быть использовано большинство из существующих конструкций пескоструйного оборудования, что, однако, в каждом отдельном случае определяется характером производимых работ, а также соображениями удобства.

Производство пескоструйных работ, как известно, сопровождается большим пылеобразованием, что связано с необходимостью постоянного восполнения песка, а также устройства отсасывающей вентиляции и пылеулавливания.

Таким образом, нормально организованная пескоструйная установка должна состоять из следующего оборудования:

а) пескоструйного шкафа или камеры, служащих для изоляции рабочего места и препятствующих распространению образующейся во время работы пыли;

б) пескоструйного аппарата, с помощью которого производится пескоструйная обработка поверхности;

в) вентиляционного оборудования, необходимого для удаления пыли из шкафа или камеры;

г) пылеулавливающих устройств для улавливания пыли при невозможности её выбрасывания в атмосферу;

д) масловодоотделителя для очистки сжатого воздуха;

е) принадлежностей для просеивания, сушки и хранения песка.

Пескоструйный шкаф

Наиболее удобным и рекомендуемым пескоструйным устройством для небольших металлизационных мастерских (на 1—3 поста) является пескоструйный шкаф, предназначенный для обработки деталей небольших размеров.

К достоинствам пескоструйного шкафа относятся:

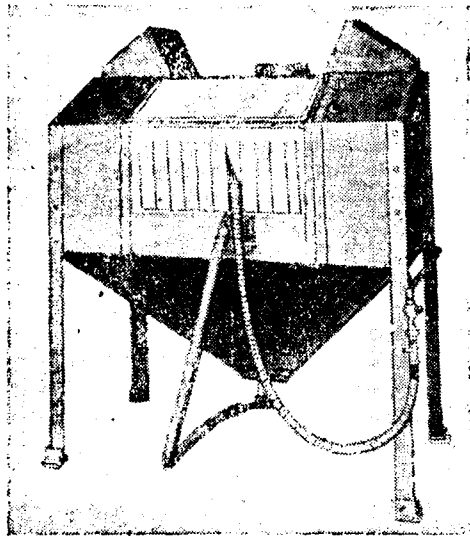
а) небольшие габариты и простота устройства;

б) возможность установки в общем помещении металлизационной мастерской;

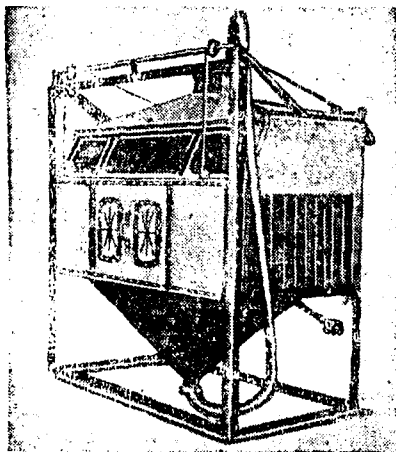
в) возможность ведения работы без пользования индивидуальными средствами защиты (скафандр, шлем, очки и др.).

Пескоструйный шкаф обычно изготавливается собственными силами предприятия. На фиг. 10—12 показано несколько типовых конструкций пескоструйных шкафов, могущих быть выполненными в различных вариантах.

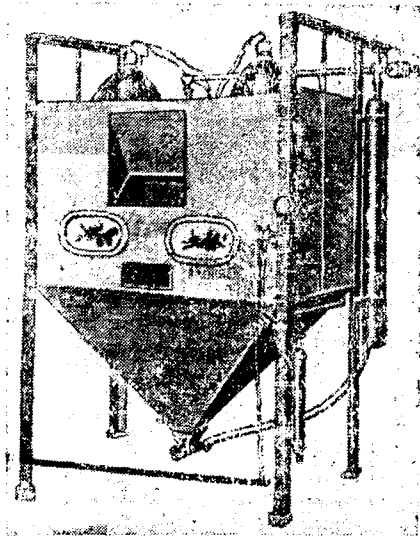
Подробное устройство пескоструйного шкафа показано на фиг. 13.



Фиг. 10.



Фиг. 11.

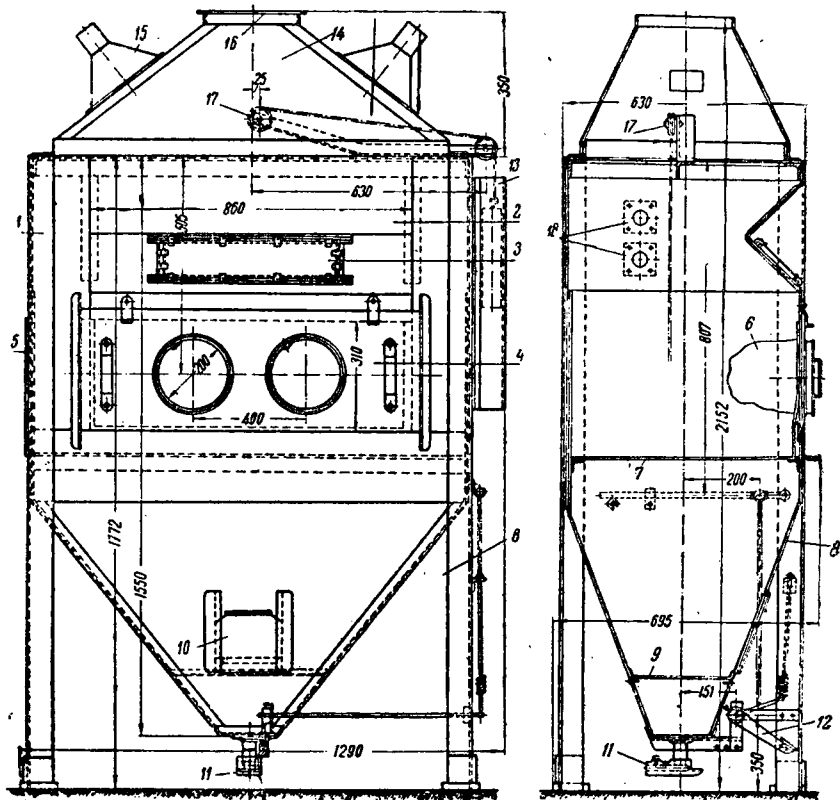


Фиг. 12.

В случае внесения при изготовлении шкафа в его конструкцию упрочнений необходимо соблюдение следующих условий:

а) обеспечение достаточной герметичности, не допускающей просачивания пыли и выбивания отдельных песчинок;

б) устройстве в бункере сетки для просеивания поступающего в пескоструйный пистолет песка, а также дверцы для его выгрузки;



Фиг. 13. Пескоструйный шкаф:

1—каркас; 2—передняя стенка; 3—смотровое окно; 4—съемная дверца; 5—боковая дверца; 6—брезентовый манжет; 7—решетка; 8—бункер; 9—сито; 10—лаз; 11—приемник от пескоструйного пистолета; 12—педаль воздушного клапана; 13—кожух противовеса; 14—диффузор; 15—колпак-отрагатель; 16—патрубок отсасывающего воздуховода; 17—рожек от подвески пескоструйного пистолета; 18—отверстия для ввода шлангов к пескоструйному пистолету.

в) обеспечение равномерного внутреннего освещения шкафа по всей его площади;

г) защита смотрового стекла мелкой металлической сеткой, без чего под действием песка стекло быстро делается матовым и теряет прозрачность.

При изготовлении шкафа его размеры необходимо сообразовать с габаритами изделий. Во всех случаях рекомендуется устройство боковой дверцы, позволяющей при необходимости обработку изделий большой длины, например труб, валов и т. п.

В пескоструйном шкафу во время работы выделяется большое количество пыли, препятствующей наблюдению за обрабатываемой поверхностью.

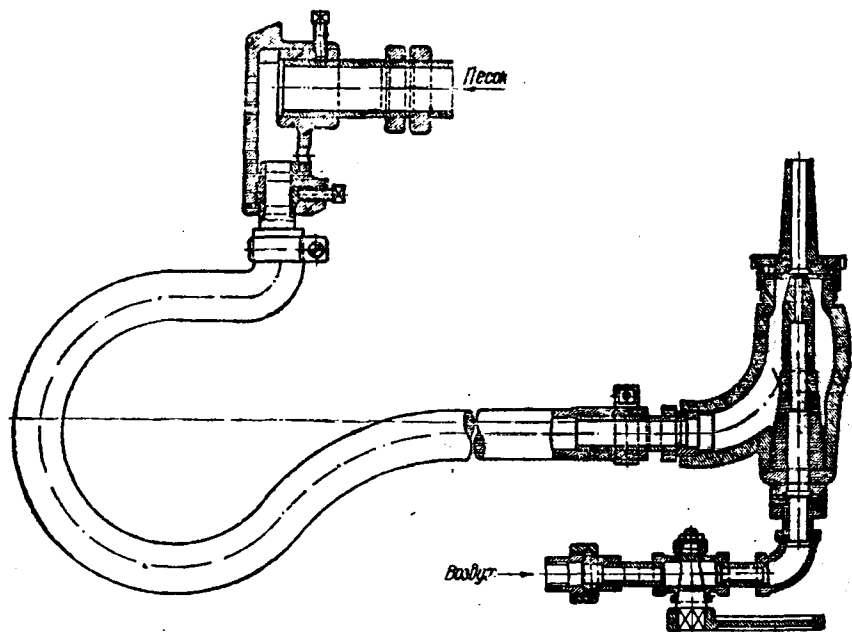
Вследствие герметичности шкафа назначение его вентиляции только обестушивание камеры для обеспечения необходимой для работы видимости.

Для удовлетворительного отсоса образуемой пыли требуется, чтобы скорость движения воздуха, отнесённая к полному поперечному сечению шкафа (горизонтальному), составляла не менее 0,35—0,4 м/сек.

Система отсасывающей вентиляции обычно является общей для всей металлизационной мастерской (стр. 79).

Пескоструйный пистолет

К пескоструйному шкафу придаётся пескоструйный пистолет, осуществляющий пескоструйное дутьё по принципу всасывания. Его устройство и работа понятны из фиг. 14.



Фиг. 14. Пескоструйный пистолет с литым корпусом.

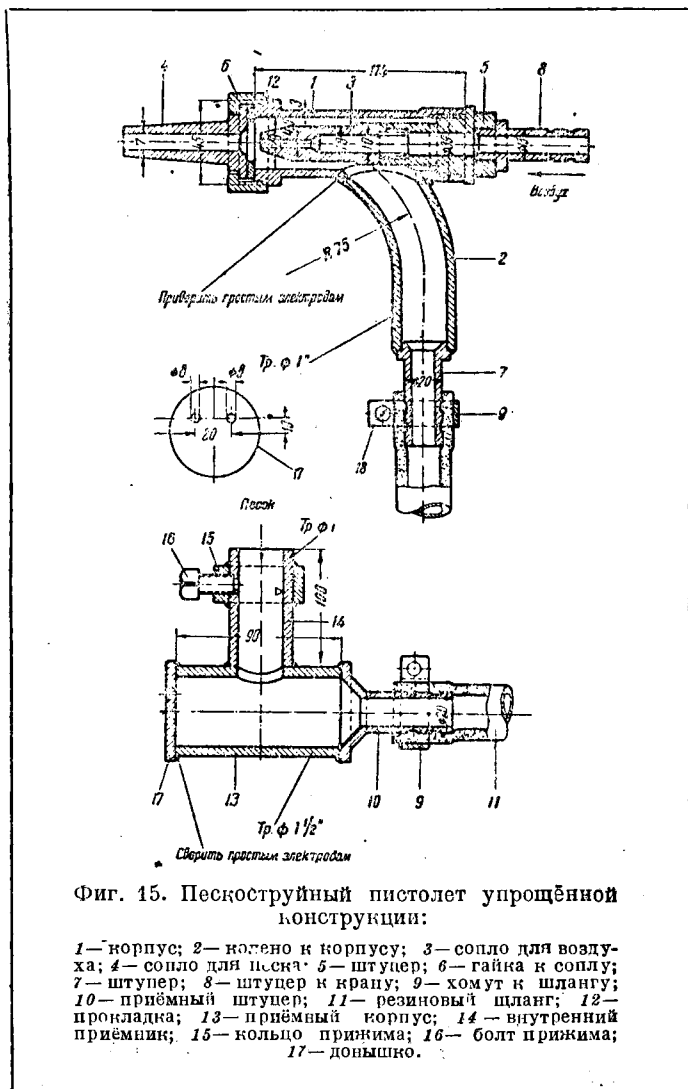
В отношении простоты изготовления имеет преимущество показанная на фиг. 15 конструкция, не требующая литья.

Пистолет подвешивается внутри пескоструйного шкафа с помощью троса, снабжаемого контргрузом.

Техническая характеристика пескоструйного пистолета:

Вес 1,2—2,0 кг
 Рабочее давление сжатого воздуха:
 нормальное 6,0 ати
 минимальное 4,5 »
 Расход воздуха 0,8—1,2 м³/мин
 Потребление песка:
 пропускная способ-
 ность 0,5 м³/час
 потери от пылеоб-
 разования (за каж-
 дый оборот) 50/0

Поступление песка — циркуляцион-
 ное из бункера пескоструйного
 шкафа; загрузка бункера едино-
 временная
 Оборачиваемость песка — многократ-
 ная (для кремнезёмного песка
 нормально 3—4 оборота)
 Производительность—1,5—2,0 м³/час
 (для больших, гладких поверх-
 ностей).



Преимущества пескоструйного пистолета — лёгкость изготовления, небольшой вес и удобство пользования, а также возможность производства переносных работ, в случае которых бункер пескоструйного шкафа заменяется любым сосудом, снабжённым коническим дном и трубкой (фиг. 16) для закрепления всасывающего устройства.

Недостаток пистолета — низкая производительность, делающая применение его при обработке больших поверхностей нерентабельным.

Пескоструйный пистолет чувствителен к наладке. Неудовлетворительная его работа может объясняться следующими причинами (см. обозначения на фиг. 15):



Фиг. 16. Пескоструйный бачок для переносных работ.

1) близостью воздушной трубки 3 к выходному отверстию пескоструйного сопла 4. В этом случае следует несколько увеличить зазор между ними путём постановки прокладки 12, толщина которой устанавливается опробованием в работе;

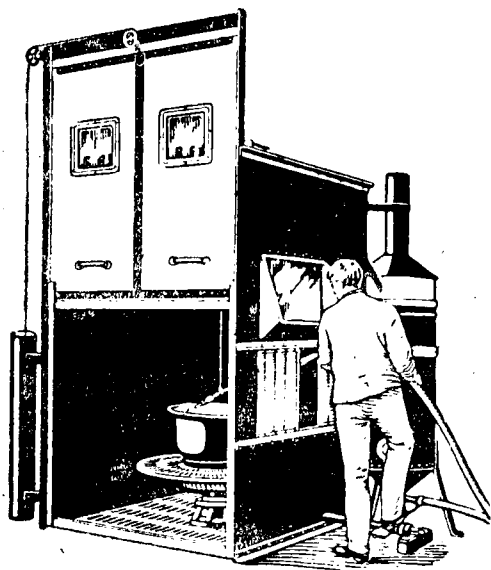
2) чрезмерно большим засасыванием песка, вызывающим забивание всасывающей камеры в корпусе пистолета; этот недостаток устраняется или уменьшением диаметра внутреннего отверстия трубки для вывода песка из бункера, или увеличением на 0,5—1,0 мм диаметра отверстия пескоструйного сопла 4 путём его рассверливания;

3) неудовлетворительностью подсоса воздуха из атмосферы, что требует регулирования (уменьшения или увеличения) размеров воздушных отверстий 17 на задней стенке всасывающего устройства.

Отрегулированный пистолет в работе надёжен, устойчив и не требует никакого ухода. Наибольшее количество хлопот причиняют засоры, во избежание чего тщательное просеивание применяемого песка совершенно обязательно.

Срок службы пескоструйных сопел из некалёной стали или чугуна определяется всего 10—15 часами, после чего сопла нуждаются в замене.

При работе с соплами, имеющими разработанные отверстия, эффективность очистки резко падает.



Фиг. 17. Внешний вид пескоструйной камеры.

Изготовившийся Усыманским механическим заводом Союзформолитьё, имеющий следующие паспортные данные:

Диаметр баллона	47 мм
Высота цилиндра	750 »
Радиус сферического дна	400 »
Диаметр шланга	38 »
Диаметр выходного отверстия сопла	8 »
Рабочее давление	2 ати
Опрессован водой под давлением	10 »
Объём засыпаемого песка	100 л
Длительность расходования песка	24 мин.

Аппарат устанавливается внутри пескоструйной камеры или в непосредственной от неё близости. При изготовлении аппарата собственными силами предприятия следует пользоваться приводимой на фиг. 19 конструкцией Отдела металлизации Глававтогена.

Рекомендуемое рабочее давление для очистки металлических поверхностей 3,5—4,0 ати. При этом давлении и диаметре отверстия сопла 8 мм средняя производительность аппарата (для больших, гладких поверхностей) составляет около 4 м²/час. Эксплуатация пескоструйного аппарата связана с большим износом сопел, во избежание чего их целесообразно снабжать победитовыми наконечниками. При работе на чугунных соплах их стойкость в среднем составляет всего 2—3 часа. Для увеличения срока службы ре-

Пескоструйная камера

Для пескоструйной обработки крупных изделий требуется устройство пескоструйной камеры соответственного размера. Никаких специальных требований к ней не предъявляется, почему можно использовать камеру любого подходящего типа.

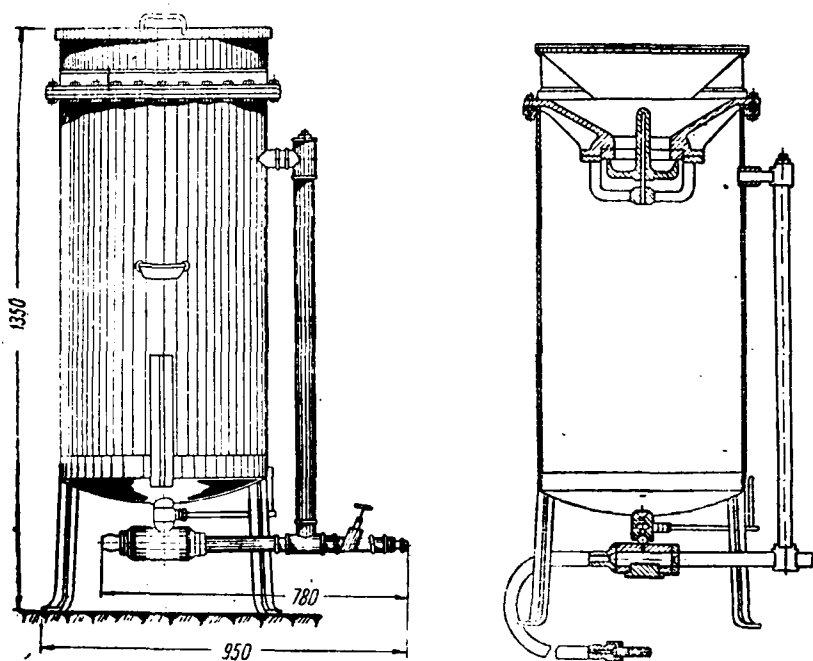
Простой и удобный тип камеры показан на фиг. 17.

Её устройство позволяет в зависимости от необходимости вести работу как внутри камеры, так и вне её.

Пескоструйный аппарат

На фиг. 18 показан однокамерный пескоструйный аппарат нагнетательного типа, произво-

комендуется пользоваться соплами простой цилиндрической формы, позволяющей закрепление в соплодержатель с обеих сторон. Благодаря этому при разработке выходного отверстия сопло может быть переставлено и повторно использовано с обратной стороны.



Фиг. 18. Пескоструйный аппарат нагнетательного типа (Усманьского завода).

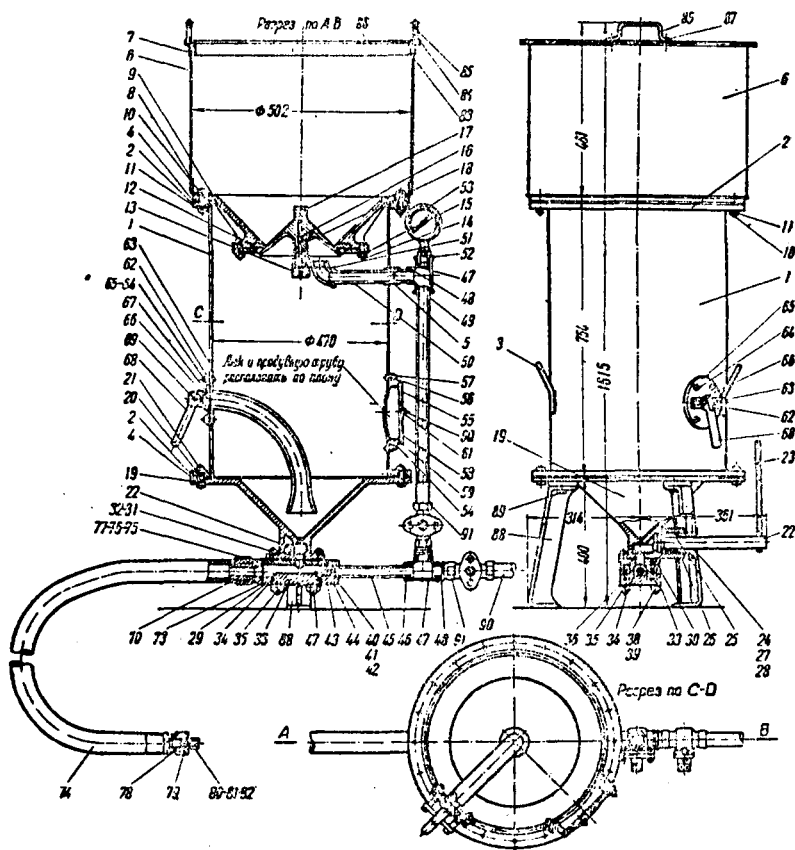
Пылесборник

Выбрасывание образуемой при пескоструйных работах пыли в атмосферу в большинстве случаев недопустимо как по санитарным соображениям, так и вследствие обычной близости производственного оборудования. Кроме этого, отсасывание пыльного воздуха вызывает чрезмерно быстрый износ вентилятора. Поэтому вентиляционная система пескоструйной установки снабжается различными устройствами и фильтрами для отделения пыли.

Отделом металлизации Глававтогена в качестве типового рекомендуется пылесборник ПС-1 (фиг. 20).

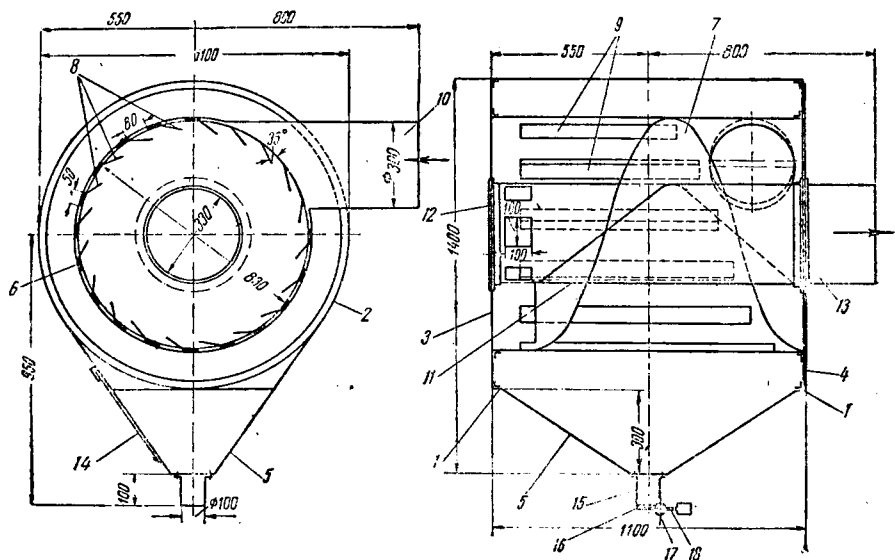
Пылесборник ПС-1 предназначен для обслуживания 1—2 пескоструйных шкафов с подключением к нему такого же количества отводов от кабин или станков для металлизации. Пылесборник ПС-1 устанавливается под потолком помещения, откуда песок сыпается через отводную трубу в сборный ящик (фиг. 24). При возможности установку пылесборников следует производить за пределами производственного помещения.

Для очистки больших объемов запыленного воздуха применяется пылесборник ПС-2, представляющий собой спаренную конструкцию ПС-1 (фиг. 21).



Фиг. 19. Пескоструйный аппарат (конструкции МТК Глазгогенов):

1— обечайка корпуса; 2— флажок корпуса; 3— ручка корпуса; 4— резиновая прокладка кольца корпуса; 5— муфта корпуса; 6— обечайка корпуса; 7— кольцо поршня верхнее; 8— кольцо поршня нижнее; 9— крышка поршня; 10— штиль поршня; 11— корпус клапана; 12— штиль клапана; 13— гайка штиля; 14— штиль клапана; 15— гайка штиля; 16— штиль клапана; 17— клапан; 18— пружина клапана; 19— крышка корпуса; 20— крепящий болт днища; 21— гайка болта; 22— кран для песка; 23— ручка крана; 24— сальник крана; 25— набивка сальника; 26— шайба сальника; 27— штиль сальника; 28— гайка штиля; 29— тройник для песка; 30— штиль для песка; 31— штиль для песка; 32— гайка; 33— крышка тройника; 34— прокладка крышки; 35— гайка; 36— шайба; 37— откидной болт; 38— ось откидного болта; 39— винт оси; 40— корпус сопла для воздуха; 41— штиль корпуса сопла; 42— гайка штиля; 43— прокладка корпуса сопла; 44— сопло для воздуха; 45— трубка струи воздуха; 46— футорка трубки; 47— тройник для воздуха; 48— штиль двойной; 49— труба для давления воздуха; 50— труба для давления воздуха; 51— угольник прямой; 52— футорка к манометру; 53— манометр; 54— кольцо люка; 55— прокладка кольца люка; 56— болт кольца люка; 57— гайка болта; 58— крышка люка; 59— прокладка крышки люка; 60— штиль люка; 61— гайка штиля; 62— штиль люка; 63— прокладка продвинутой трубы; 64— болт продвинутой трубы; 65— гайка болта; 66— пробка продвинутой трубы; 67— прокладка пробки; 68— ось рычага; 69— ось рычага; 70— штиль шланга; 71— штиль шланга; 72— гайка штиля; 73— прокладка шланга; 74— шланг; 75— хомут шланга; 76— болт хомута; 77— гайка болта; 78— корпус сопла для песка; 79— гайка сопла; 80— сопло для песка; 81— вставка сопла; 82— сопло для песка; 83— корпус сетки; 84— кольцо сетки; 85— ручка сетки; 86— сетка; 87— заклепка сетки; 88— ось; 89— болт оси; 90— подводная труба; 91— кран для воздуха; 92— винт для крепления оси.



Фиг. 20. Пылесборник ПС-I (одинарный)

1 — обод; 2 — корпус; 3 — задняя стенка; 4 — передняя стенка; 5 — бункер; 6 — шелевой цилиндр; 7 — шнек; 8 — козырьки; 9 — пылесбрасывающие окна; 10 — входная труба; 11 — выходная труба; 12 — крышка; 13 — патрубок выходной трубы; 14 — лаз; 15 — патрубок бункера; 16 — шибер; 17 — шарнир; 18 — рычаг с противовесом.

Для улавливания песка и пыли существует большое количество других различных конструкций, с успехом используемых при оборудовании металлургических мастерских.

Одно из самых дешёвых и простейших устройств для улавливания пыли может быть изготовлено по фиг. 22.

Если по условиям производства необходимо возможно более полное отделение пыли, в том числе трудноулавливаемых самых мелких её фракций, пользуются мокрыми способами обеспыливания. Пользование для этой цели водяными ямами не может быть рекомендовано, так как они весьма неудобны в обслуживании, требуют ручной очистки осаждаемой грязи, наблюдения за чистотой зеркала воды и периодическим её сливом.

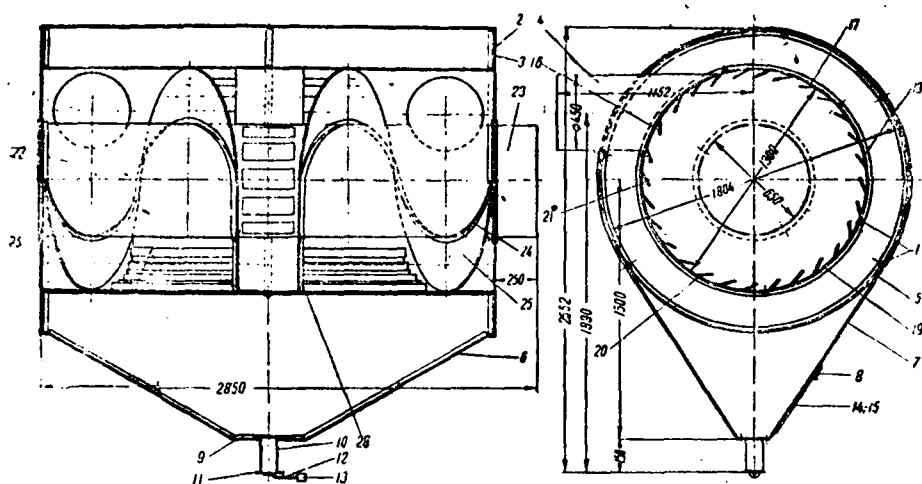
Масловодоотделитель

Удовлетворительное качество подготовки поверхности к металлизации не может быть получено при пользовании воздухом, загрязнённым при прохождении через компрессор маслом, а также содержащим в сжатом состоянии повышенное количество влаги.

Для очистки воздуха от масла и уменьшения его влажности у каждой рабочей точки устанавливается постовой масловодоотделитель.

В качестве типовой Отделом металлизации Глававтогена принята конструкция масловодоотделителя МВО-II (фиг. 23), изготавливаемая собственными силами предприятий.

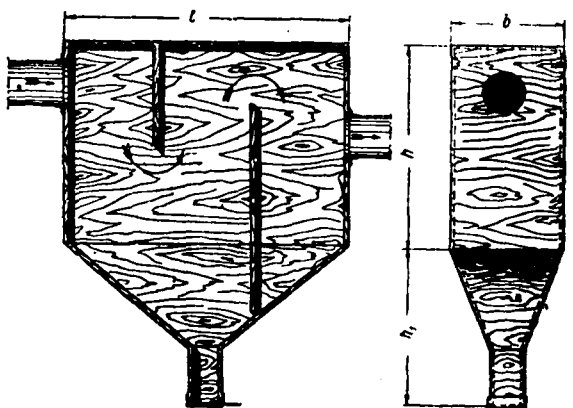
При прохождении через масловодоотделитель МВО-II содержащееся в воздухе масло удерживается войлочными фильтрами, а влага поглощается коксовой набивкой.



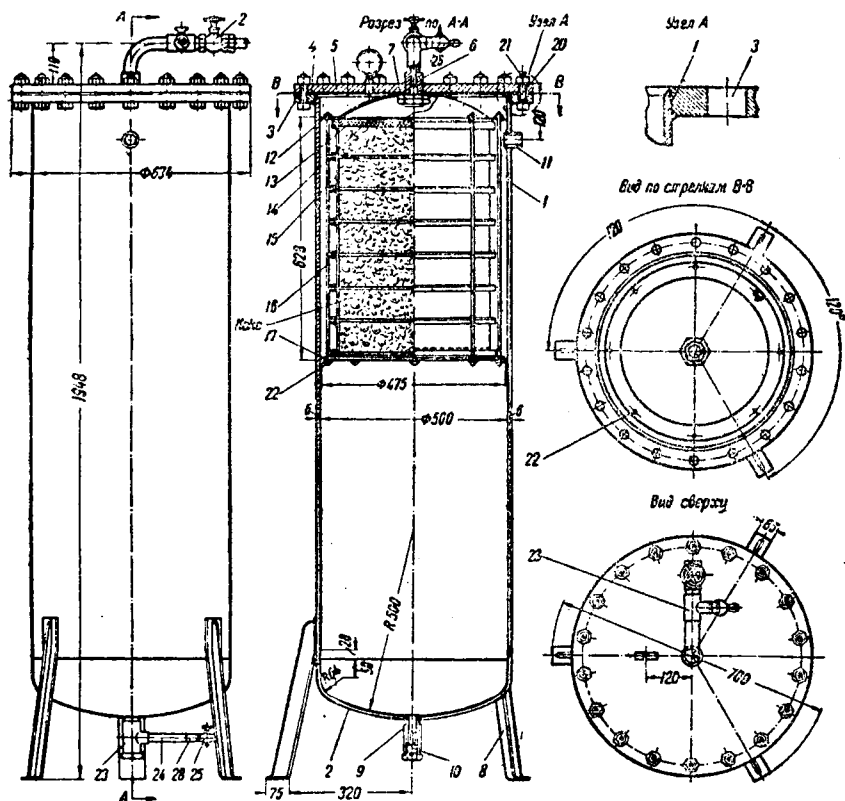
Фиг. 21. Пылесборник ПС-2 (двойной):

1—планка; 2—лист кожуха; 3—2-й лист кожуха; 4—входная труба; 5—6-й лист кожуха; 6—боковая стенка бункера; 7—стенка бункера; 8—защелка; 9—дно бункера; 10—патрубок; 11—крышка; 12—решетчатый груз, петля патрубка, петля для крышки; 14—лист; 15—дверь лаза; 16—1-й лист барабана; 17—2-й лист барабана; 18—3-й лист барабана; 19—4-й лист барабана; 20—5-й лист барабана; 21—6-й лист барабана; 22—левая труба; 23—правая труба; 24—спираль; 25—шнек; 26—шнек.

Размеры в мм				№ рентгено- лизотр.
b	b ₁	h	h ₁	
1500	700	1250	750	2
1800	900	1500	850	3-4
2000	900	1600	950	5-6
2500	1000	1800	1200	8
3000	1250	2200	1350	9



Фиг. 22. Ящичный пылесборник простейшего типа.



Фиг. 23. Масловодоотделитель МВО-II:

1—резервуар; 2—днище; 3—фланец; 4—прокладка; 5—крышка; 6—патрубок крышки; 7—контргайка; 8—с.ойка; 9—патрубок днища; 10—пробка; 11—патрубок резервуара; 12—крышка фильтра; 13—сетка; 14—войлочная прокладка; 15—звено ножа; 16—шпилька; 17—кольцо зажимное; 18—нолено; 19—прокладка; 20—болт; 21—гайка; 22—гайка; 23—тройник переходной; 24—труба; 25—кран; 26—кран; 27—вентиль; 28—муфта переходная; 29—манометр; 30—муфта прямая; 31—ноксоеый фильтр.

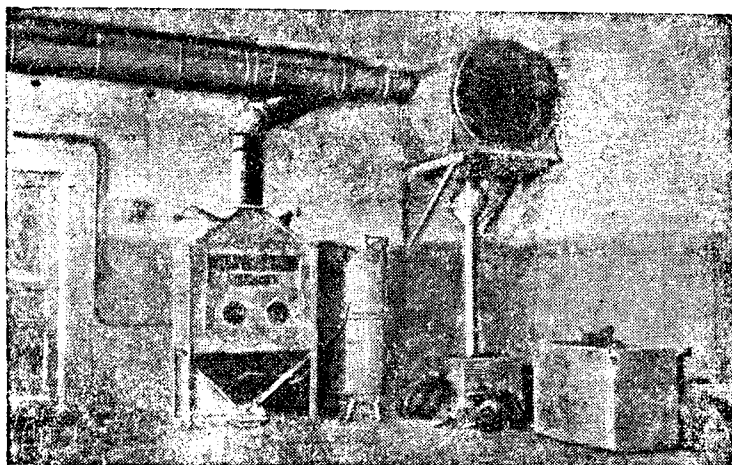
При сборке масловодоотделителя необходимы тщательная подгонка и закрепление войлочных фильтров для устранения просачивания воздуха через неплотности, в противном случае воздух не очищается от масла и, загрязняя им коксовую набивку, резко снижает её водопоглотительную способность.

Согласно существующей инструкции войлочные фильтры и коксовая набивка МВО-II подлежат очистке и замене не реже двух раз в месяц. Фильтры можно очищать промывкой в бензине или других растворителях, а кокс подлежит тщательному просушиванию или, что более желательно, замене новым.

Необходимость очередной переборки масловодоотделителя МВО-II определяется систематическим контролем чистоты воздуха, которая устанавливается путём направления струи воздуха на лист чистой бумаги: при отсутствии на бумаге после 20—30 сек. дутья следов от масла и влаги воздух считается пригодным.

В случае повышенной загрязнённости воздуха целесообразна установка второго, последовательно включаемого в сеть, масловодоотделителя.

Масловодоотделитель МВО-II предназначен лишь для дополнительной очистки воздуха и предусматривает наличие в сети линейных масловодоотделителей, без которых его работа не всегда может быть удовлетворительной.



Фиг. 24. Общий вид установки пескоструйного шкафа, пылесборника ПС-1 и масловодоотделителя.

Как сосуд, работающий под давлением, масловодоотделитель подлежит предъявлению инспектору Котлонадзора с заведением паспорта согласно существующим правилам.

Общий вид типичной установки из пескоструйного шкафа, пылесборника и масловодоотделителя дан на фиг. 24.

Устройство для сушки и просеивания песка

При наличии на предприятии литейного производства или других цехов, потребляющих сухой песок, приготовление его и удовлетворение им нужд металлургической мастерской не встречают затруднений.

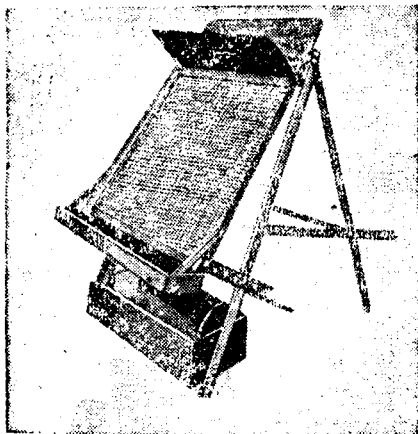
В иных случаях обеспечение мастерской сухим, просеянным, крупнозернистым и острогранным песком требует соответствующих вспомогательных устройств для его хранения и переработки.

Вследствие небольших потребностей сушка песка производится с помощью простейших устройств любого типа, например на железных или чугунных плитах с огневым или паровым обогревом.

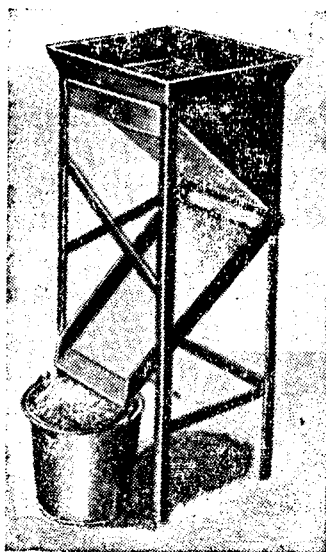
Для просеивания небольших количеств песка также нет необходимости в

изготовлении специальных механизмов, — достаточно набора простых сит для просеивания вручную.

Простое и удобное двухрамное сито для ручного просеивания показано на фиг. 25. Первое сито отделяет наиболее крупную фракцию и пропускает песок требуемой зернистости и вместе с ним все более мелкие фракции.



Фиг. 25.



Фиг. 26.

На втором сите последние отсеиваются, а песок требуемого размера задерживается и сыпается в приёмный короб. При пользовании таким ситом отделение нужной фракции песка достигается в один приём — без дополнительного просеивания. Другой вариант аналогичного сита показан на фиг. 26.

2. Механическая подготовка поверхности

Токарно-винторезный станок для подготовки поверхности

Подготовка к металлизации тел вращения связана с их обточкой, выточкой канавок, нанесением специальной резьбы и с другими операциями, выполняемыми на токарно-винторезных станках.

Никаких специальных требований к ним не предъявляется, почему для подготовки к металлизации может быть использован любой токарно-винторезный станок, обладающий габаритами соответственно размерам деталей и позволяющий производить на нём нормальную токарную обработку в пределах 3-го класса точности.

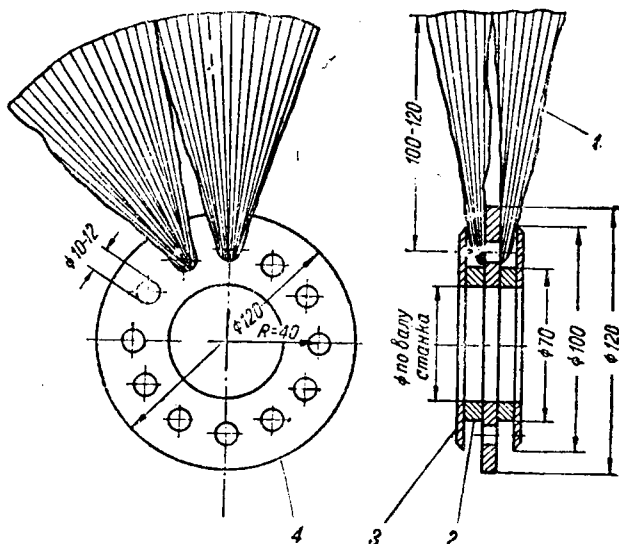
Наличие в числе оборудования металлизационной мастерской специаль-

ного станка для подготовки поверхности необязательно, если подготовка может выполняться на других участках производства.

В небольших металлizationsных мастерских подготовка поверхности и сама металлization часто производится на одном и том же станке.

Точильный станок

В текущей работе мастерской для сошлифовки науглероженных слоёв цементированных деталей при их восстановлении, для краповки и полировки металлizationsных покрытий, заточки инструмента и т. д. рекомендуется иметь точильный, желательнее — двухшпиндельный, станок с наждачным камнем на одном и дисковой краповочной щёткой на другом шпинделе.



Фиг. 27. Дисковая щётка для краповки (придания блеска) металлizationsных покрытий:

1 — пучки из стальной проволоки диаметром 0,15—0,20 мм;
2 — прокладочные шайбы; 3 — прижимные шайбы; 4 — диск для проволочных пучков

Для краповки металлizationsных покрытий применяются щётки со свободно падающими проволочными пучками, изготавливаемыми согласно фиг. 27. Толщина прокладочных шайб выбирается так, чтобы при затяжке прижимных дисков для проволочных пучков обеспечивалось свободное скольжение.

Б. АППАРАТУРА И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

Существующие конструкции аппаратов для металлizations по состоянию применяемого для распыления исходного металла могут быть разделены на три основные и различные по принципу устройства группы:

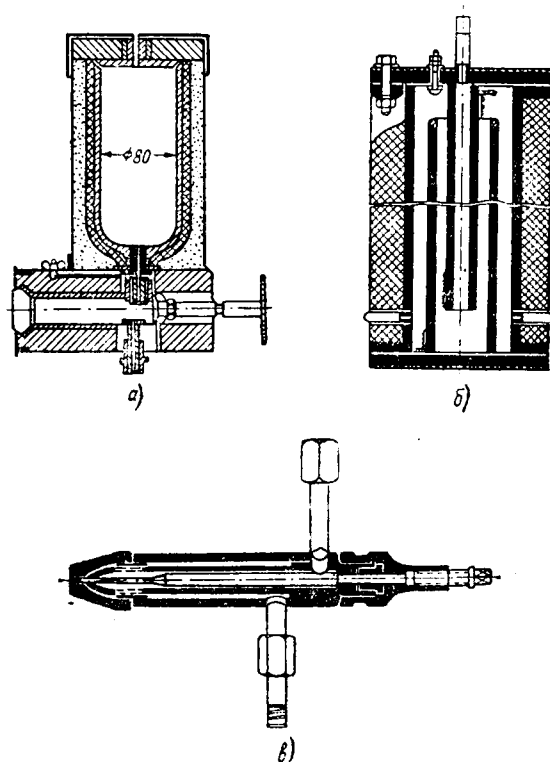
а) аппараты, у которых исходным материалом для распыления служит расплавленный металл;

б) аппараты, работающие на металлических порошках;

в) аппараты, работающие на проволоке.

Аппараты, работающие на расплавленном металле

Аппараты, работающие на расплавленном металле, обычно состоят из обогреваемого газовым пламенем или электрическим током сосуда (тигля), соединённого с сопловым устройством. Сосуд загружается или кусковым или предварительно расплавленным металлом, попадающим в сопло и распыляемым за счёт проходящей через него струи сжатого воздуха. Для распыления пользуются нагретым до $200\text{--}250^\circ$ воздухом, почему все имеющиеся конструкции снабжаются воздухоподогревателями, монтируемыми вместе или раздельно с распылительным устройством.



Фиг. 28. Стационарный тигельный аппарат для металлизации конструкции Линника.

Такие аппараты носят название «тигельных» и в зависимости от компоновки отдельных узлов и общих габаритов делятся на стационарные и ручные.

За границей наиболее известна конструкция ручного аппарата фирмы Меллоу, обогреваемого бунзеновской горелкой, питаемой светильным газом от городской сети.

В Советском Союзе известны конструкции тигельных аппаратов только с электрическим обогревом, предложенные рядом отечественных авторов (Линник, Греков, Беляков, Михайлов и др.). Наиболее типичной для стацио-

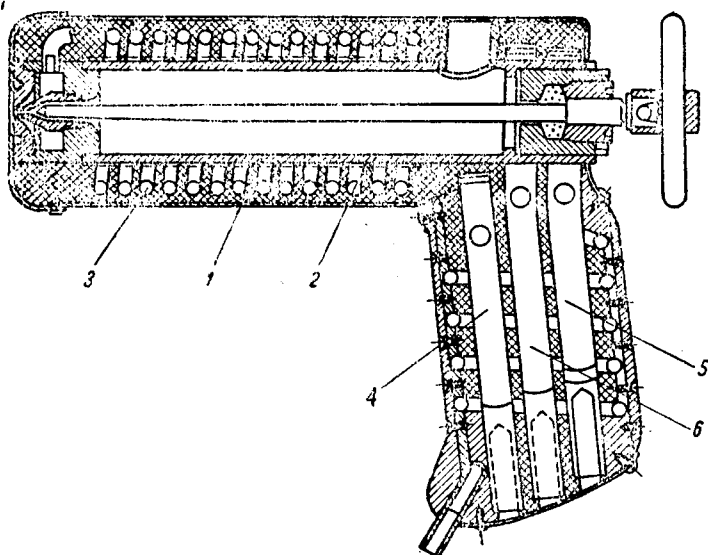
нарного аппарата является конструкция Линника, показанная на фиг. 28, где тигель *а*, воздухоподогреватель *б* и сопло *в* показаны раздельно.

Тигель и воздухоподогреватель нагреваются хромоникелевыми проволочными обмотками, изолированными от корпуса асбестовыми прокладками.

Воздух, нагретый от прохождения по лабиринтному пути подогревателя, проходит в кольцевую камеру сопла и при выходе из него создаёт разрежение, облегчающее выход расплавленного металла из тигля и последующее его распыление.

При пользовании таким аппаратом деталь должна перемещаться относительно постоянного направления струи аппарата.

Из ручных аппаратов тигельного типа наибольшей известностью пользуется аппарат системы Грекова (фиг. 29).



Фиг. 29. Ручной аппарат для металлизации тигельного типа СВГ-4 системы Грекова.

В данном аппарате типа СВГ-4 нагрев тигля *1* производится с помощью нихромовой ленты *2*, наматываемой по слюдяной изоляции. Для подогрева воздуха служит эмсевик *3*, куда от вторичной обмотки сварочного трансформатора через шину *4* подводится электрический ток, который по корпусу тигля возвращается в общую шину *5*. Для регулирования силы тока в указанной цепи в неё включается дроссель.

Ёмкость тигля ручного аппарата Грекова рассчитана на 600—800 г металла, которых хватает на 10—15 мин. работы. Питание аппарата производится путём периодических заливок тигля жидким металлом, расплавленным отдельно.

Для подогрева воздухоподогревателя требуется от 90 до 140 *а* при напряжении 15 *в*. Нагрев тигля требует 10—15 *а* при напряжении 55 *в*. Средняя производительность аппарата составляет 2—2,5 *кг/час* при расходе воздуха 0,3—0,5 *м³/мин* и давлении 3—5 *ати*.

Внешний вид модернизированного тигельного пистолета СВГ-8 дан на фиг. 30.

Несмотря на всю заманчивость, применения тигельных аппаратов, они не могут конкурировать с проволочными пистолетами вследствие ряда серьезных недостатков. Основные недостатки, присущие всем тигельным аппаратам, следующие:

1) возможность работы только на легкоплавких металлах (олово, свинец, кадмий, цинк);

2) невозможность производить потолочные работы (исключением является аппарат Меллоуза);

3) необходимость постоянного пополнения тигля жидким металлом, требующим для расплавления дополнительных нагревательных устройств;

4) неудобство в эксплуатации, вызываемое затвердеванием металла в канале даже при кратковременных остановках аппарата и неизбежных колебаниях температуры;

5) частые засоривания сопла и подводящих к нему каналов окислами и шлаком;

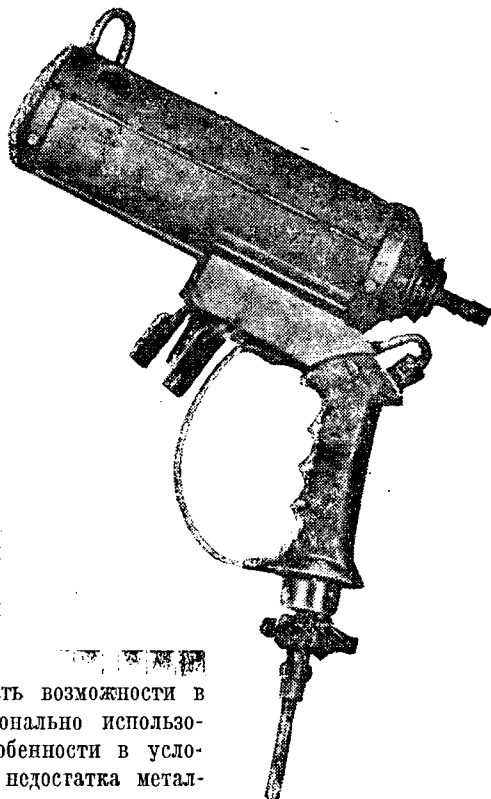
6) быстрое при работе на цинке и алюминии разъедание материала тигля, особенно распылительного сопла, требующего замены через каждые 2—3 часа работы.

Вследствие указанных причин тигельные аппараты как за границей, так и у нас не нашли никакого развития, а известные у нас конструкции тигельных аппаратов с точки зрения развития металлизации являются скорее шагом назад, а не прогрессом.

Вместе с тем нельзя отрицать возможности в отдельных случаях весьма рационально использовать тигельные аппараты, в особенности в условиях дефицитности проволоки и недостатка металлизационных пистолетов проволочного типа.

При необходимости проведения массовых и однородных работ по металлизации легкоплавкими металлами, например свинцом, тигельный аппарат может быть легко спроектирован и изготовлен собственными силами любого предприятия.

В частности следует отметить, что уже упоминавшаяся крупнейшая работа по металлизации дымовой трубы на Иртышском меднолавильном комбинате (стр. 9) в значительной части была выполнена с помощью тигельных аппаратов, изготовленных на месте.



Фиг. 30. Внешний вид тигельного аппарата ГСВ-8 системы Грекова.

Аппараты, работающие на металлических порошках

Аппараты для распыления порошкообразного металла в последние годы за границей приобрели самое широкое распространение.

Успех их быстрого развития связан со следующими обстоятельствами:

а) возможностью распыления не только металлических порошков, но также порошков стекла, пластмасс, каучука, эбонита и тому подобных материалов, способных при сплавлении с металлом давать разнообразные по свойствам комбинированные покрытия;

б) низкой ценой металлических порошков, стоимость которых за границей составляет лишь до 30—50 % от стоимости проволоки;

в) простотой и малой изнашиваемостью пистолета, не имеющего ни одной движущейся детали;

г) высокой производительностью (для цинка, например, 9,3 кг/час), позволяющей металлизации по стоимости конкурировать с окраской (24).

Из предложенных пистолетов для распыления порошков практическое значение приобрела только конструкция английской фирмы Шори (фиг. 31).

Аппарат Шори весит всего 1,2 кг. Для его работы требуется кислород под давлением 1,0—1,9 атм, ацетилен (или иной горючий газ) под давлением 0,2—0,45 атм и сжатый воздух с давлением 3,0—3,2 атм.

Смешение газов производится с помощью инжектора *P*, откуда горючая смесь по трубке *Y* и каналу *Z* поступает к соплу аппарата. Сжатый воздух, регулируемый клапаном *V*, через камеру *G* направляется двумя путями: часть его через камеру *A* падает в сопло *B*, при выходе из которого в трубке *E*, служащей для засасывания порошка, создается вакуум. Для засасывания порошка отверстие *F*, соединяющее трубку *E* с атмосферой, прикрывается пальцем оператора.

Другая часть воздуха через каналы *H* поступает в головку аппарата и производит распыление расплавленных частиц порошка.

Применяемый для распыления порошок поступает в аппарат в виде воздушной суспензии, образуемой в небольшом сосуде-питателе, снабженном турбинкой или вибрирующим устройством, приводимыми в движение сжатым воздухом.

Несмотря на значительный технический интерес и широкие возможности применения, аппараты для распыления порошкообразных металлов в СССР совершенно не известны.

Проволочные пистолеты для металлизации и их сравнительные характеристики

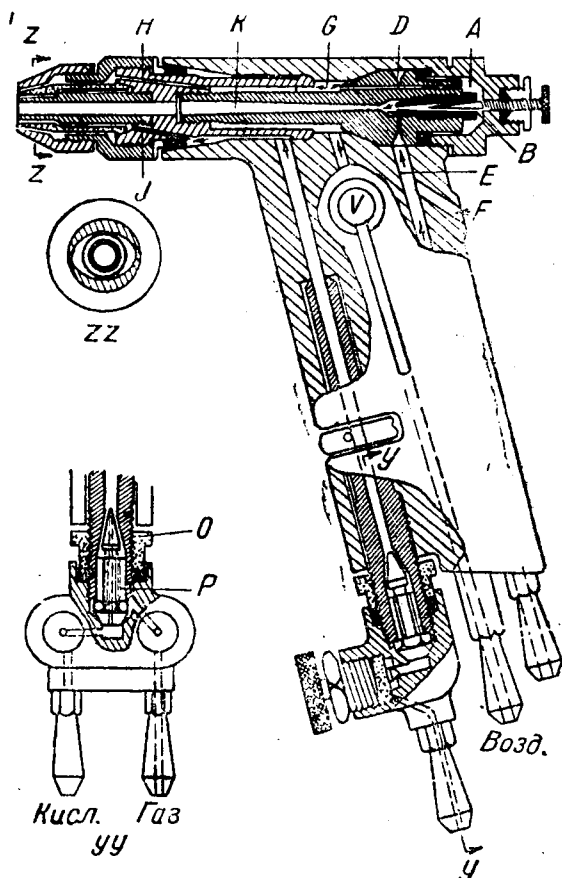
До настоящего времени преобладающей и почти исключительно применяемой конструкцией металлизационного пистолета остаются пистолеты проволочной системы.

По устройству они делятся на газовые и электродуговые.

Первые из них представлены многочисленными типами конструкций, выпускаемых различными фирмами Европы и Америки.

Электродуговые пистолеты приобрели промышленное значение только в СССР, а за границей до сих пор совершенно не применяются.

Встречающиеся у нас суждения об электрометаллизации не отличаются достаточной объективностью, почему целесообразно рассмотреть основные недостатки и преимущества каждого из методов в отдельности.



Фиг. 31. Пистолет Шори для металлизации порошкообразными материалами.

Газовая металлизация в наших условиях обладает единственным «недостатком» — необходимостью пользоваться сжатым кислородом и ацетиленом под давлением 1,0—1,2 ати.

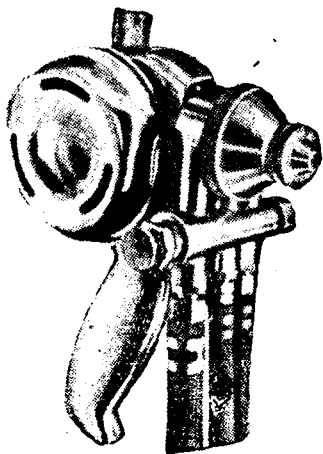
Возможность замены растворённого (баллонного) ацетилена газом, получаемым с помощью газогенераторов высокого давления, не смягчает остроты положения, так как при этом не устраняется необходимость применения дефицитного карбида. Вместе с тем остаются трудности со снабжением кислородом.

Газовая металлизация отличается несомненными достоинствами, из которых прежде всего нужно отметить совершенство аппаратуры, представленной многими типами пистолетов, в конструкции конкурирующими фирмами Европы и Америки в течение 25-летнего периода вносились беспрерывные улучшения.

Вследствие этого современные газовые аппараты, сравнительно с при-

меняемыми у нас конструкциями электрометаллизационных пистолетов, характеризуются:

- а) более высокой производительностью,
- б) устойчивостью и постоянством в работе в течение длительного времени,
- в) меньшей изнашиваемостью механизма,
- г) возможностью производить металлизацию стенок глубоких отверстий и внутренних поверхностей труб,
- д) меньшими потерями металла,



Фиг. 32. Универсальный газовый пистолет для металлизации Metco.

- е) возможностью регулировать температуру пламени в широких пределах,
- ж) меньшей вредностью работы,
- з) более высокими механическими качествами получаемых покрытий.

Необходимо отметить, что для работы газовых аппаратов требуется воздух более низкого давления (от 2,5 до 4,2 ати вместо 6,0 ати) и в меньшем количестве.

При сравнении электродуговых пистолетов с газовыми последним в числе существенных недостатков часто приписываются:

- а) взрывоопасность, связанная с потреблением кислорода и ацетилена,
- б) необходимость применять калиброванную проволоку,
- в) доступность обслуживания только для персонала высокой квалификации.

Приведённые замечания в действительности не являются серьёзными по следующим причинам:

а) устройство современных моделей газовых аппаратов устраняет возможность образования так называемых обратных ударов, могущих вызвать воспламенение плазмов и взрыв баллонов; показательно, что в течение многолетней практики эксплуатации газовых аппаратов в СССР не было зарегистрировано ни одного серьёзного случая аварий;

б) для работы газовых и электрических пистолетов применяется проволока одного и того же качества; к неровностям и чистоте её электроаппараты чувствительны не меньше, а больше, чем газовые;

в) как показывает практика, удовлетворительная работа электропистолета возможна только при условии особо тщательного ухода за ним и куртурного обслуживания; сложность его наладки вызывает необходимость в приобретении практики и квалификации, не меньших, чем это требуется для работы на газовых аппаратах.

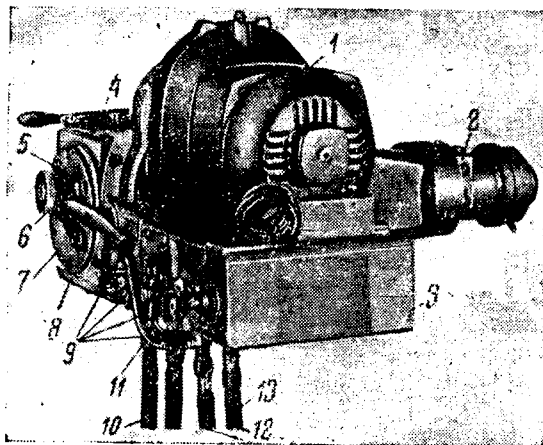
Примером типичной современной конструкции газового пистолета может служить пистолет — Metco (фиг. 32). Устройство воздушной турбины позволяет получение двух степеней скорости, что обеспечивает возможность регулировать подачу проволоки в широком диапазоне. Изменение скорости подачи проволоки не связано с работой головки пистолета, совершенная конструкция которой гарантирует высокое качество распыления и делает аппарат простым и удобным в пуске, остановке и регулировании. Механизм

подачи проволоки изолирован от протяжных роликов и позволяет лёгкую смену и точную установку взаимозаменяемых узлов. Проволочное сопло изготовляется из материала, не сплавляющегося с распыливаемыми металлами, что обеспечивает его долговечность.

Аппарат Metco может работать на ацетиле, водороде и пропане. Его производительность при работе на свинце составляет от 20 до 48 кг/час, на цинке 12,5—13,2 кг/час, стали 3,2 кг/час, меди 5,2 кг/час и т. д.

По данным фирмы при необходимости за один проход можно получить слой толщиной свыше 6,3 мм.

Наибольший диаметр применяемой проволоки — 3,2 мм.



Фиг. 33. Аппарат «Джиллорд» для работы
• на токарном станке:

1 — мотор для привода механизма подачи 1/6 л. с.;
2 — головка аппарата; 3 — выключатель подачи; 4 —
зажим подающего механизма; 5 — регулировка скорости
подачи; 6 — проволока диаметром 2,9 мм; 7 — запорный
рычаг; 8 — шкала скорости подачи; 9 — клапаны для газа;
10 — ацетилен; 11 — кислород; 12 — воздух; 13 — ней-
тральный газ.

Для работы пистолета требуется:

ацетилена	0,3—0,9	м ³ /час	при давлении	0,8—1,1	ати
кислорода	1,3—1,5	»	»	0,9—1,2	»
воздуха	1,0	»	»	3,8—4,2	»

Аппарат весит 1,7 кг и является типичным ручным пистолетом универсального типа, снабжаемым удлинительными трубками и ротационной или угловой головкой для металлизации внутренних поверхностей труб с максимальной длиной до 1 м при диаметре не ниже 7,5 мм.

Помимо наиболее распространённых пистолетов универсального типа существуют различные специальные конструкции для выполнения отдельных видов работы, например для получения плотных свинцовых покрытий путём распыления свинца в атмосфере углекислоты, для металлизации припоем и т. д.

Из аппаратов, предназначенных для восстановления изношенных деталей, наибольший интерес представляет приводимый на фиг. 33 аппарат Джиллорда.

устанавливаемый на супорте стапка. Механизм подачи проволоки приводится в движение небольшим синхронным электромотором. Распылительная головка имеет постоянную и неизменяемую настройку, производимую заводом, вследствие чего никакого регулирования головки аппарат во время эксплуатации не требует. Скорость подачи может устанавливаться и соблюдаться с большой точностью.

Производительность аппарата намного превышает производительность пистолетов других типов и достигает 6—7 кг/час для стали и 11—16 кг/час для меди.

Оригинальной особенностью аппарата Джиллорда является конструкция головки аппарата, работающей с применением расходуемого в небольших количествах инертного газа, образующего в момент расплавления металла вокруг него защитную газовую оболочку, препятствующую окислению металла и вызывающую улучшение свойств покрытий.

По данным фирмы с помощью описанного аппарата методом напыления можно получать матрицы и штампы, что при применении других пистолетов оказывается невозможным.

Электрометаллизация является в настоящее время преимущественно используемым в СССР способом, где она представлена аппаратами отечественных изобретателей Линника и Катца.

Разработкой метода электрометаллизации в Европе впервые (1914 г.) занимался М. У. Шооп, запатентовавший как самый метод, так и конструкцию пистолета электрического типа. Несмотря на недостаточное конструктивное совершенство предложенного Шоопом электродугового пистолета, работа по его улучшению им была надолго оставлена ввиду выявившихся недостатков, свойственных самой природе электрометаллизации и её неспособности конкурировать с газовой металлизацией.

Однако, судя по опубликованным в последнее время заявлениям Шоопа, следует, что в результате возобновления им работ по усовершенствованию конструкции пистолета электродугового типа, ему удалось получить пистолет, пригодный для промышленного использования.

Согласно данным изобретателя (25), его электропистолет при употреблении проволоки диаметром 1,5 мм обладает сравнительно с газовым в 2—3 раза большей производительностью при работе на цинке и алюминии и в 9—10 раз при работе на тугоплавких металлах.

В числе наиболее существенных принципиальных недостатков способа электрометаллизации следует отметить следующие:

1) трудность иметь строгую стабильность и длительную устойчивость горения дуги, по своей природе имеющей пульсирующий характер;

2) высокую температуру пламени вольтовой дуги и невозможность её произвольного регулирования, вызывающих повышенные окисление и потери металлов, особенно легкоплавких;

3) насыщение окружающей атмосферы парами возогнанного под действием дуги металла, увеличивающими вредность работы;

4) вредное действие излучаемых дугой яркого света и ультрафиолетовых лучей, вызывающих необходимость работать в тёмных очках, затрудняющих видимость обрабатываемой поверхности;

5) повышенную утомляемость рабочего за счёт резкого и непрерывного шума, сопровождающего работу электродугового пистолета.

Вследствие указанных причин электрометаллизация никакой популярности за границей не приобрела и до настоящего времени совершенно не применяется.

В условиях Советского Союза способ электрометаллизации, исключаящий необходимость пользоваться дефицитными газами, получил быстрое развитие.

Аппаратостроение в СССР

В Советском Союзе изготовлялись следующие типы металлизационных пистолетов:

- 1) газовые пистолеты марки ГМ-1 (модель Metallizing C^o of America) — производства Конторы металлизации Оргаметалла;
- 2) газовые немецкого типа — производства механических мастерских Харьковского института электросвязи;
- 3) газовые пистолеты 1-го Московского автогенного завода марки МА-40 (типа «Мажестик»);
- 4) электродуговые пистолеты ЛБ-1 изготовления мастерских демонстрационного зала Оргаметалла;
- 5) электродуговые ЛБ-6, ЛБ-6-А, ЛБ-6-Б и ЛБ-У — Московского завода МОРЭЗ (Моск. экскаваторный завод НКЗ);
- 6) электродуговые ЛБ-2 завода «Редуктор» треста Оргаметалл;
- 7) электродуговые ЛБ-У — производства механических мастерских Московского текстильного института.

Вследствие недостатка аппаратуры некоторыми предприятиями (например Балтийским судостроительным заводом, Московской судовой верфью, ЧТЗ и др.) выпускались небольшие количества аппаратуры для собственных нужд.

В настоящее время металлизационная аппаратура ни одним из предприятий не производится, за исключением мастерских Московского текстильного института и завода МОРЭЗ НКЗ, выпускающих лишь совершенно незначительное количество электропистолетов ЛБ-У.

Для обеспечения нужд промышленности МТБ Глававтогена НКМТ намеряет в ближайшее время организовать производство электрометаллизационных пистолетов ЭМ-1; конструкция эта имеет значительные преимущества сравнительно с другими известными в настоящее время моделями электропистолетов.

Из сказанного следует, что задача обеспечения предприятий металлизационной аппаратурой в настоящее время является достаточно затруднительной и продолжает требовать своего разрешения.

Электродуговые пистолеты ЛБ

Первая конструкция советского электрометаллизационного пистолета ЛБ-1 себя не оправдала на практике и вскоре после появления в свет была снята с производства.

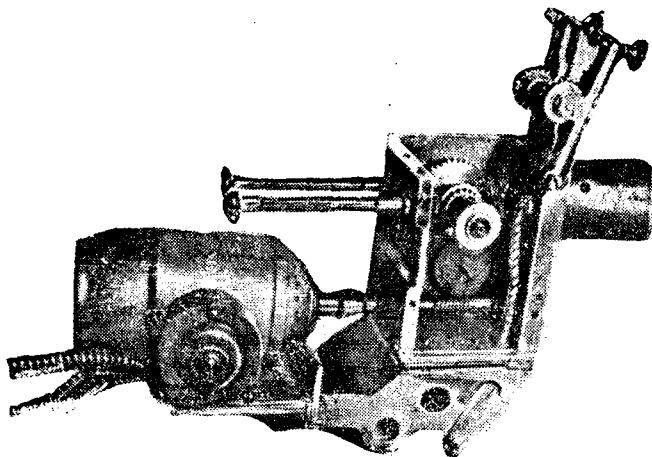
Выпущенная вслед за ней новая модель аппарата ЛБ-2, как вполне пригодная для эксплуатации, была выпущена в значительных количествах, и в настоящее время является широко распространенной.

В стремлении упростить изготовление пистолетов Наркомземом для снабжения своих МТМ и МТС было выпущено несколько партий аппаратов ЛБ-6 (фиг. 34), пригодных только для работы на токарном станке.

Сварной или литой корпус и большие габариты сильно утяжеляют этот аппарат, а применение в качестве двигателя проволокопротяжного механизма электросверлильного мотора ФД-9 делает аппараты ЛК-6 ненадёжными в работе. Выполненные весьма грубо и конструктивно несовершенно ЛК-6 не могли иметь никакого успеха, и изготовление их было прекращено.

Последней, наиболее совершенной, но ещё мало распространённой, моделью аппарата ЛК является пистолет типа ЛК-У.

Во всех указанных аппаратах плавление проволоки, находящейся под током низкого напряжения, осуществляется за счёт образования между двумя её концами вольтовой дуги, на которую направлена струя сжатого воздуха, вызывающая распыление расплавленного металла.



Фиг. 34. Аппарат для электрометаллизации ЛК-6.

Физическая сторона процессов, сопровождающих горение дуги при электрометаллизации, сильно отличается от явлений, происходящих при горении обычной вольтовой дуги, и остаётся не вполне изученной.

По исследованиям проф. Корда (26) образуемая при электрометаллизации дуга создаётся из совокупности беспрерывно чередующихся искровых разрядов, представляющих собой нечто среднее между коротким замыканием и вольтовой дугой.

Вследствие малой длины дуги и прохождения через неё тока большой силы внутреннее пространство дуги сильно ионизировано и наполнено парами металла большой плотности. Благодаря этому при разрывах цепи происходит самовозбуждение дуги и приобретает способность к её устойчивому горению, несмотря на действие струи сжатого воздуха.

Однако стабильность горения дуги в практике постоянно нарушается по ряду мелких и трудноустраняемых причин, например, незначительных искривлений проволоки, истиранию носиков пистолета и т. п.

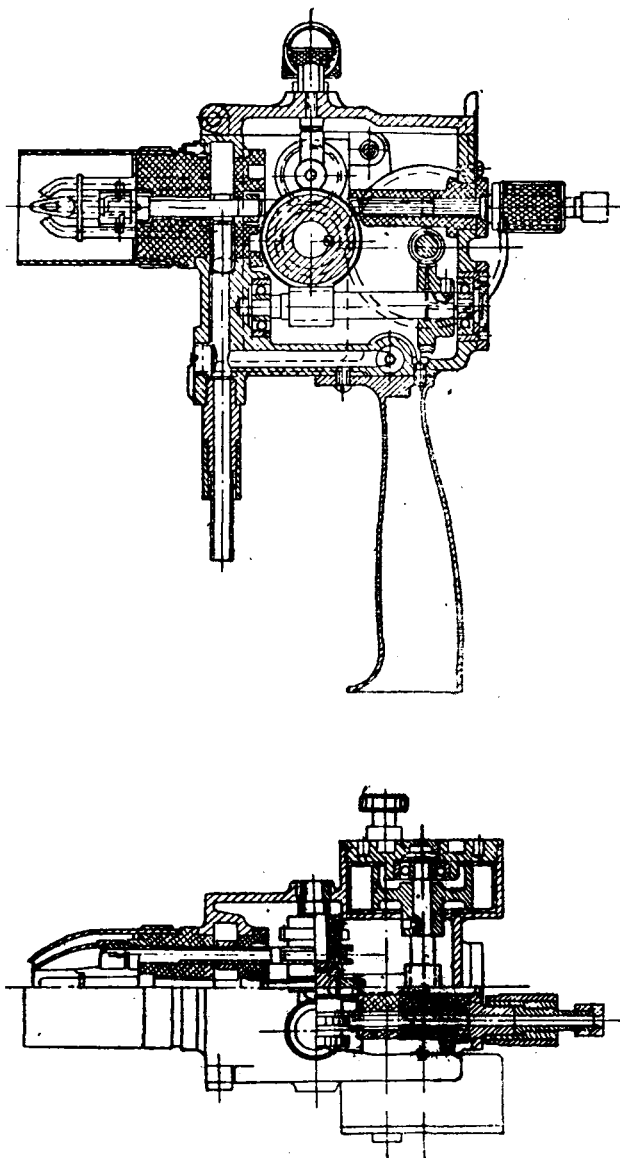
В этом смысле головки, в особенности распылительное устройство электропистолетов ЛК, должны быть признаны ещё недостаточно совершенными и нуждающимися в дальнейшем улучшении.

Пистолет ЛК-2

Из серии электродуговых пистолетов ЛК тип ЛК-2 является наиболее распространённым.

В выполнении отдельных узлов известны различные видоизменения, не носящие принципиального характера.

По конструкции пистолет ЛК-2 (фиг.35) предназначен как для ручной работы, так и для работы на станке.



Фиг. 35. Электродуговой пистолет для металлизации ЛК-2.

Основные характеристики ЛК-2

Общий вес (без шлангов)	1,7—1,8 кг
Рабочее напряжение тока на дуге	20—30 в
Потребная мощность	2,0—3,5 квт
Диаметр применяемой проволоки	1,0—1,5 мм
Расход воздуха	1,2—1,5 м ³ /мин
Производительность и потери (по данным официальных испытаний комиссии НКТМ) указаны в табл. 16	

Таблица 16
Производительность аппарата ЛК-2 и потери металла при работе на нём

Металл	Производительность кг/час	Потери в % (при металлизации плоской поверхности)
Цинк	3,03	38,3
Алюминий	0,83	21,3
Латунь	1,98	35,8

По данным производственной эксплуатации производительность ЛК-2 при работе на стали в среднем составляет 1,5 кг/час при потерях (в случае металлизации плоских поверхностей) в 20—30%.

Необходимо отметить, что характеристика производительности и потерь аппаратов ЛК — величины весьма непостоянные и в больших пределах изменяемые в зависимости от режима работ, а также от состояния сборки и регулировки аппарата.

Например увеличение расстояния от пистолета до поверхности при работе сталью на нормальном для неё режиме (30 в, 60 а) вызывает следующее возрастание потерь (табл. 17).

Таблица 17
Потери металла в зависимости от расстояния от электропистолета до поверхности

Расстояние от пистолета до поверхности, мм	50	75	100	150	200
Потери металла, %	20	22	27	31	34

При металлизации сталью тел вращения на станках (при расстоянии 75 мм, напряжении 30 в и силе тока 60 а) между диаметром деталей и потерями имеет место примерно следующая зависимость:

Таблица 18
Потери металла при электрометаллизации наружной поверхности тел вращения

Диаметр детали, мм	100	68	54	30	16
Потери, %	32	45	59	65	78

Повышение силы тока (а следовательно, и скорости подачи проволоки) вызывает следующее увеличение производительности ЛК-2 (диаметр проволоки 1,4 мм):

Таблица 19
Производительность ЛК-2 в зависимости от
силы тока и скорости подачи проволоки

Сила тока, а	40	50	60	70	80
Подача, м/мин . . .	0,42	0,81	1,26	1,64	2,22
Производительность, кг/час	0,29	0,59	0,92	1,20	1,64

Аппарат ЛК-2 требует самой тщательной регулировки и весьма аккуратного ухода, без чего удовлетворительная его работа невозможна.

Некоторые детали проволокоподающего механизма ЛК-2, приводимые в движение от воздушных турбинок с числом оборотов 40 000—45 000 об/мин, как и детали головки пистолета, подвержены значительному износу и нуждаются в периодической замене.

Поэтому каждый пистолет требует постоянного и обязательного наличия запасных деталей, которые рекомендуется комплектовать согласно следующему списку:

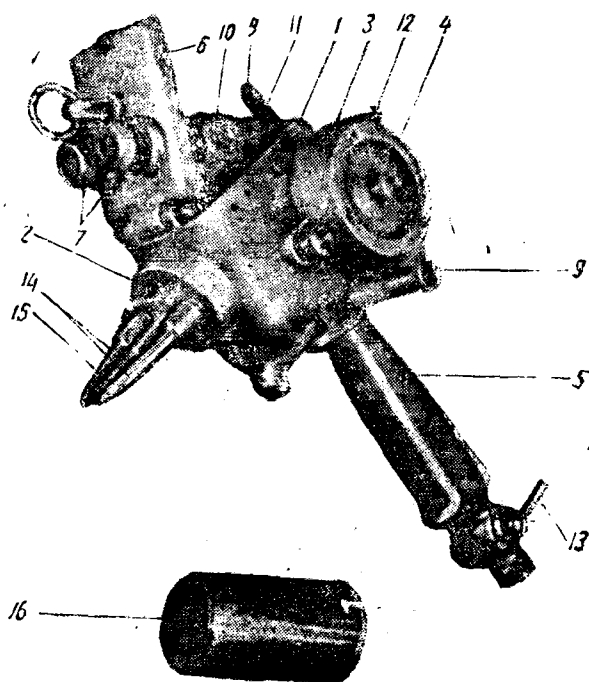
Таблица 20
Рекомендуемый комплект быстроизнашиваемых деталей пистолета ЛК-2

Наименование детали	Характеристика износа	Рекомендуемое количество запасных деталей	Примечание
Направляющие носики	Истирание вследствие трения проволоки	5—10 пар ($\varnothing$ 1,0 и 1,5 мм)	Максимальный срок службы при работе на стали—6 час., на цинке—10—15 час.
Контактные трубки проходные	Приваривание проволоки Оплавление	1 пара	Часты случаи оплавления в результате неудовлетворительной сборки
Контактные крючки	»	1 »	—
Штепсельные трубки к ним	»	1 »	—
Вводные трубки	Износ от трения проволоки	1 »	Меняется в среднем раз в 1—3 мес.
Накатные ролики	То же	2 пары	—
Червячная пара турбинного вала	Истирание зубьев текстолитовых шестерён	1 пара	Износ от неудовлетворительной сборки

Практика показывает, что при постоянной эксплуатации пистолетов ЛК-2 в производственных условиях целесообразно на каждые 2—3 работающих пистолета иметь один запасный для подмены при часто имеющих место случаях остановки пистолетов по непредвиденным причинам.

П и с т о л е т Л К - У

Пистолет ЛК-У (фиг. 36) представляет собой модернизированную конструкцию ЛК-2, отличающуюся компактностью, совершенством внешних форм и удобством в сборке-разборке. Пистолет ЛК-У производится недавно и в небольших количествах, вследствие чего является пока малораспространённым.



Фиг. 36. Электрометаллизационный пистолет ЛК-У:

1—корпус; 2—головка; 3—воздушная турбина; 4—крышка турбины; 5—ручка; 6—крышка; 7—прижимной плунжер; 8—замок крышки; 9—воздушный дроссель; 10—накатный орлик; 11—накидная скоба; 12—приёмная втулка; 13—кран; 14—проволочные носики; 15—воздушное сопло; 16—колпак.

Технические характеристики пистолета ЛК-У соответствуют характеристикам ЛК-2. Увеличенная мощность воздушной турбины ЛК-У и применение двухзаходных червячных зацеплений делают возможным ведение работы на форсированных режимах, позволяющих достигать значительного повышения производительности.

По данным автора конструкции (инж. П. В. Катца), выпускаемые МТИ пистолеты ЛК-У в наиболее благоприятных условиях способны давать максимальную производительность, указанную в табл. 21).

К указанным значениям следует относиться с осторожностью, так как приведённые автором пистолета данные в практической работе полного подтверждения не находят.

Производительность пистолета ЛК-У

Металл	Рабочее напряжение в	Давление воздуха ати	Производительность кг/час
Цинк	30—35	6	5,5—6,0
Алюминий	30—35	6	2,0—3,0
Латунь	35—40	6	4,0—5,0
Сталь	35—45	6	5,0—7,0

Трансформатор для электрометаллизации

Для работы электродуговых пистолетов требуется постоянный или переменный электрический ток с напряжением от 20 до 35 в. Опыт применения постоянного тока в практике СССР почти отсутствует. Для питания пистолета пользуются переменным током с напряжением в 110—220 в с последующим его понижением с помощью трансформатора.

Для целей электрометаллизации существуют специальные трансформаторы выпуска Московского трансформаторного завода, имеющие следующие характеристики:

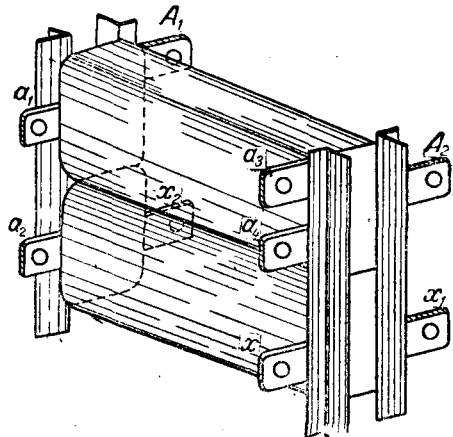
Тип	однофазный, ОС—2/05
Мощность	3,45—2,97—2,48 ква
Частота	50 герц
Схема и группа соединения	1/1—12
Ток холостого хода	7,90%
Потери » »	53,5 ватт

Трансформатор смонтирован вместе с распределительным щитком, помещённым в специальном ящике. На щитке трансформаторного ящика расположены амперметр, рубильник, переключатель напряжений, предохранители, клеммы и гнезда.

Мощность трансформатора рассчитана на одновременное подключение к нему только одного металлizationsонного пистолета.

В указанных трансформаторах всем выводам от катушек высокого и низкого напряжения присвоены условные обозначения, проставляемые краской у клеммы трансформатора (фиг. 37).

В зависимости от напряжения применяемого тока (110 или 220 в) при включении трансформатора в сеть, переключки, соединяющие ка-



Фиг. 37. Обозначения на выводных клеммах трансформатора для электрометаллизации (типа ОС-2/0,5).

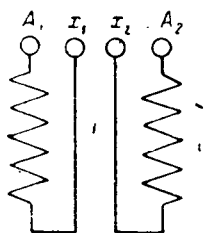
тушки высокого напряжения, должны находиться в положении согласно схеме на фиг. 38.

Включение трансформатора от сети высокого напряжения (110—220 в) производится в клеммы $A_1—x_2$.

Положение перемычек, соединяющих катушки высокого напряжения:

при токе в 220 в ... $x_1—A_2$

» » » 110 в ... $A_1—A_2$; $x_1—x_2$



Фиг. 38. Схема обмотки низкого напряжения и обозначения проводов трансформатора С-2/0,5.

Для питания дуги пистолета со стороны низкого напряжения имеются отводы, подводимые к клеммам распределительного щитка, дающие напряжение в 20—25—30 в, согласно схеме на фиг. 39.

При отсутствии специального трансформатора для целей электрометаллизации могут быть приспособлены широко распространенные сварочные трансформаторы типа СТ-2, СТ-22 и ЭМЗ.

Для использования этих трансформаторов со стороны их низкого напряжения необходимо сделать несколько дополнительных отводов со ступенями напряжений примерно в 20—25—30—35 в, концы которых выводятся непосредственно к щитку или на клеммовую доску трансформатора.

Обмотка низкого напряжения	Выводы	Дают напряжение в в
	$a_2—x$	30
	$a_3—x$	25
	$a_4—x$	20

Фиг. 39. Схема обмотки низкого напряжения и обозначения проводов трансформатора ОС-2/0,5.

Отводы $a_1—x$ дают 65 в и служат для питания осциллятора

В качестве наиболее простого способа переделки трансформатора СТ-2 возможно ограничиться одним выводом от средней точки вторичной обмотки трансформатора, что обеспечивает получение тока с напряжением примерно в 23 и 32 в.

При переделке трансформаторов ЭМЗ (производства Московского электро-монтажного завода) необходимо иметь в виду, что смонтированный в одном кожухе с ним дроссель для металлизации вреден и участия в работе трансформатора принимать не должен. Упрощенный способ переделки трансформатора ЭМЗ заключается в отпайке одного отвода от перемычки, соединяющей две катушки с обмоткой вторичного напряжения. Тогда между этим отводом

и имеющимися на трансформаторе клеммами можно получить требуемое для работы электропистолета напряжение примерно в 25—32 в.

Ввиду дефицитности трансформаторов получение их для целей металлизации во многих случаях оказывается крайне затруднительным. В подобных случаях может оказаться целесообразной замена трансформатора менее дефицитным асинхронным электромотором с фазным ротором. Внешним признаком такого мотора является наличие на валу ротора контактных колец.

Исходя из того, что каждый асинхронный мотор с фазным ротором в заторможенном состоянии представляет собой силовой трансформатор, в котором обмотки статора являются первичной, а обмотки ротора — вторичной, инж. Златковским А. П. и Гребенковым А. Ф. разработан способ, позволяющий путём несложных переделок в роторной обмотке электромотора использовать его в качестве пригодного для электрометаллизации трансформатора. Наиболее подходящими для этой цели являются электромоторы с фазным ротором, рассчитанные на мощность от 6,5 кв и выше.

После переделки мотор не теряет свойств двигателя, в качестве которого без каких-либо затруднений снова может быть использован при первой необходимости.

Разработанный инж. Златковским и Гребенковым способ замены необходимых для металлизации трансформаторов электромоторами проверен на нескольких производственных установках с положительными результатами.

Подробная инструкция по переделке моторов по указанному способу дана в приложении.

О с и л л я т о р

С целью стабилизировать горение дуги при металлизации по аналогии с электросваркой пользуются наложением на дугу тока высокой частоты, получаемого от осциллятора.

Принято считать, что металлизация свинцом, цинком, алюминием и латунью применения осциллятора не требует; при распылении стали применение осциллятора желательно, а при распылении меди и бронзы — необходимо. В действительности, как это известно из практики, при правильной регулировке распылительной головки и подаче проволоки осциллятор для работы на стали может совсем не применяться.

При металлизации обычно пользуются сварочными осцилляторами завода «Буревестник» с ёмкостным выходом. В случае использования осцилляторов других типов наличие у них ёмкостного выхода совершенно обязательно, что диктуется необходимостью устранить возможность пробоя обмоток трансформатора током высокой частоты.

Первичная цепь осциллятора подключается к 65-вольтовым выводам трансформатора, а две выводные клеммы вторичного напряжения осцилляторов соединяются с гнездами, питающими дугу электропистолета.

При настройке осциллятора длина искрового промежутка устанавливается в 1,0—1,2 мм, при котором на дугу пистолета накладывается ток в 20 000—30 000 пер/сек при напряжении 3000 в.

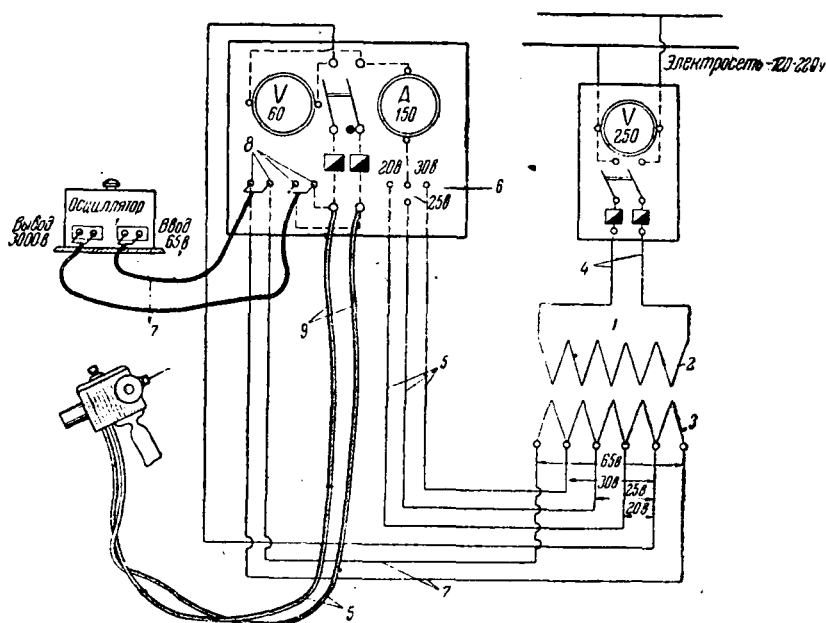
Включение и выключение осциллятора производится путём закрывания и открывания его крышки.

Пуск пистолета производится при выключенном осцилляторе, который путём закрывания его крышки запускается в работу лишь после того как между концами проволоки пистолета появится дуга. При остановках в работе осциллятор подлежит немедленному выключению.

Электрораспределительный щиток

При описании специальных трансформаторов для электрометаллизации указывалось, что распределительный щиток вместе с трансформатором вмонтирован в общий ящик. Такое устройство обеспечивает удобство пользования при выполнении переносных работ по металлизации, но для большинства стационарно действующих установок нерационально. Согласно общим правилам при установке щитка стремятся расположить его непосредственно у рабочего места (станка или кабины), с тем чтобы обеспечить близость к рабочему пусковых устройств и постоянную для него видимость находящихся на щитке приборов.

Устройство щитка и схема соединения приборов и трансформатора показаны на фиг. 40.



Фиг. 40. Устройство щитка для электрометаллизации и монтажная схема соединения трансформатора и приборов:

1 — трансформатор; 2 — высокое напряжение; 3 — низкое напряжение; 4 — провод 4□; 5 — провод ПРГН — □; 6 — клеммы под перемычку — 16□; 7 — шнур 1,5□; 8 — клеммы для включения осциллятора.

Если по условиям планировки местоположение щитка оказывается удаленным от рабочего места более чем на 3—4 м, по соображениям удобства рекомендуется подвести провода с током на дугу пистолета от щитка до рабочего места в уложенной по полу помещения трубе. В этом случае у станка или кабины дополнительно устанавливается небольшая дощечка с клеммами для приключения проводов для питания дуги пистолета и с рубильником, с помощью которого производится пуск и выключение тока, питающего электрометаллизатор.

Масловодоотделитель

Как и при пескоструйной подготовке поверхности, сжатый воздух, применяемый для металлизации, требует обязательной очистки его от масла и избытка влаги. Для очистки используются масловодоотделители такой же конструкции, что и для пескоструйной очистки (стр. 43, фиг 23).

В противоположность аппаратам газового типа, при работе электрических пистолетов ЛБ выходящий из воздушной трубы воздух не претерпевает сильного перемешивания с пламенем и высокого нагрева, достаточного для выгорания находящегося в нём масла. Поэтому на очистку воздуха при электрометаллизации следует обращать особое внимание, так как работа на загрязнённом воздухе не может дать удовлетворительных результатов.

Со стороны требований, предъявляемых к чистоте воздуха, принятых во всех металлизационных установках, конструкцию масловодоотделителя типа МВО-II нельзя признать вполне удовлетворительной вследствие необходимости в частых переборках, а также недостаточно высокой степени очистки.

По этим соображениям на каждый металлизационный пистолет целесообразно устанавливать не один, а два и даже более последовательно включаемых масловодоотделителей, которые могут заменяться и другими конструкциями очистительных устройств, например щелочными осушителями, холодильниками и др.

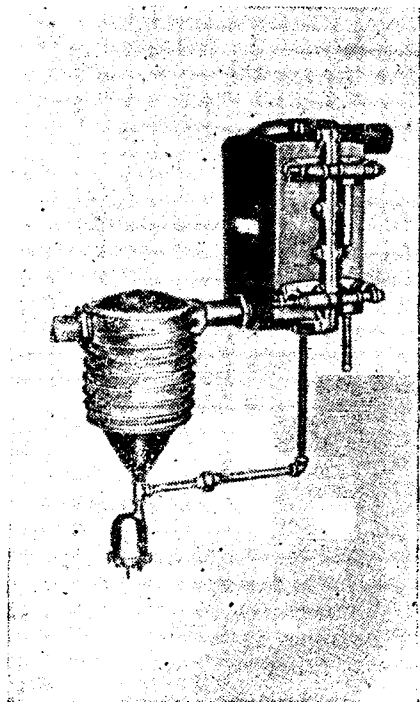
В Америке для очистки воздуха при металлизации применяются специальные фильтры Metco представляющие собой комплектную установку, состоящую из небольшого работающего по принципу противотока холодильника с водяным охлаждением, экспеллера производящего путём центрифугирования извлечение из воздуха содержащейся в нём в виде тумана влаги, и устройства для автоматического улавливания и спуска конденсата.

В целях экономии вода после прохождения холодильника используется для охлаждения рубашки компрессора.

Внешний вид воздухоочистительной установки Metco показан на фиг. 41.

Кабины и столы для металлизации

Металлизационная кабина представляет собой рабочий стол с боковыми стенками и крышей, служащими для изоляции образуемой в процессе металлизации металлической пыли и удобства её удаления с помощью отсасывающей вентиляции.



Фиг. 41. Воздухоочиститель для металлизации Metco.

В заднюю стенку кабины встроен диффузор с патрубком для вентиляционного трубопровода. Загрузка стола деталями и их металлизация производятся со стороны открытой по всему сечению передней стенки кабины.

Размеры и устройство кабин разнообразны и определяются характером производимых работ и соображениями удобства.

Один из часто употребляемых типов кабины показан на фиг. 42.

Пригодность кабины для работы в основном определяется качеством её вентиляции, которая должна обеспечивать невозможность попадания пыли из кабины в зону дыхания рабочего. Это требование может быть соблюдено лишь в том случае, если скорость прохождения отсасываемого воздуха в открытом сечении кабины будет составлять не менее 0,8—1,0 м/сек, чем следует твердо руководствоваться при устройстве вентиляции.

В некоторых случаях вместо кабины применяются столы с боковым или нижним отсосом, устройство и размеры которых определяются особенностями обрабатываемых изделий (например труб и др.).

При организации мастерских установка кабины должна быть рекомендована во всех случаях.

Станок для металлизации тел вращения

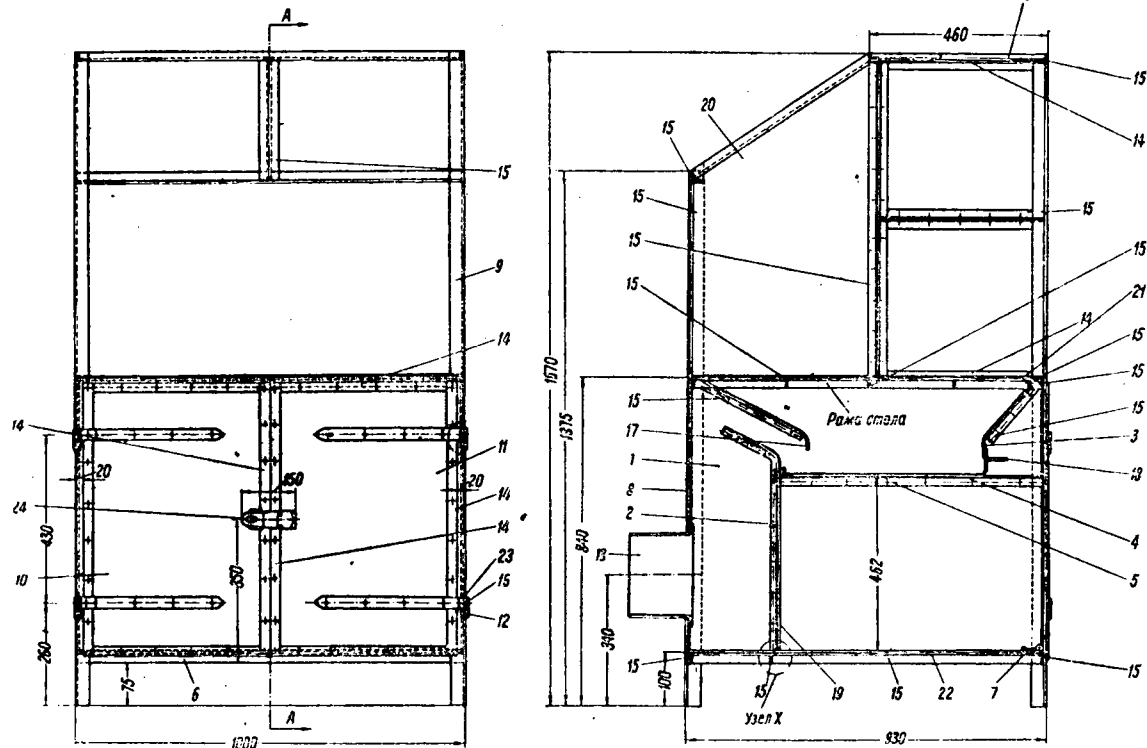
Металлизация валов, втулок, поршней и тому подобных деталей, представляющих собой тела вращения, производится на токарном станке, единственное назначение которого заключается в придании детали вращательного движения. Для этой цели может быть использован станок, не пригодный для точной механической обработки и обладающий подходящими габаритами. Помимо обычно имеющихся патрона и планшайбы, станок должен позволять пользование суппортом и самоходом, необходимыми для установки пистолета и его перемещения относительно металлизируемой детали. Для обеспечения металлизации длинных валов станок по возможности снабжается люнетом, а при необходимости и центросместителем, требующимся для металлизации кривошипных и шатунных шеек различных валов.

Установка неточного станка, пригодного только для вращения деталей, производится лишь в тех случаях, когда по условиям производства механическую подготовку деталей намечено осуществлять на другом оборудовании.

Отсасывающий зонт к станку для металлизации

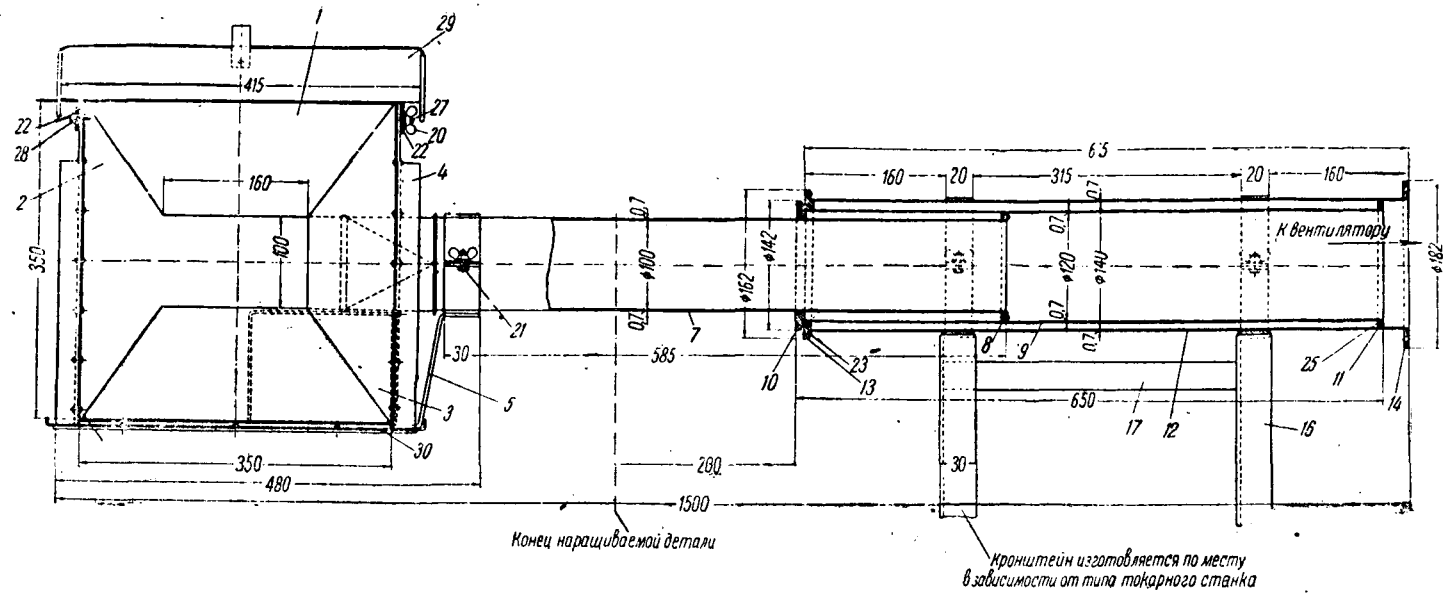
Для отсоса от станка образующейся при металлизации пыли пользуются различного вида вытяжными зонтами, присоединяемыми к трубопроводу отсасывающей вентиляции. Неподвижные боковые зонты по всей длине станины занимают много места и обеспечивают удовлетворительный отсос пыли только в зоне отсасывающего отверстия. Свободное от этих недостатков, удобное и проверенное в практике устройство отсасывающего зонта показано на фиг. 43.

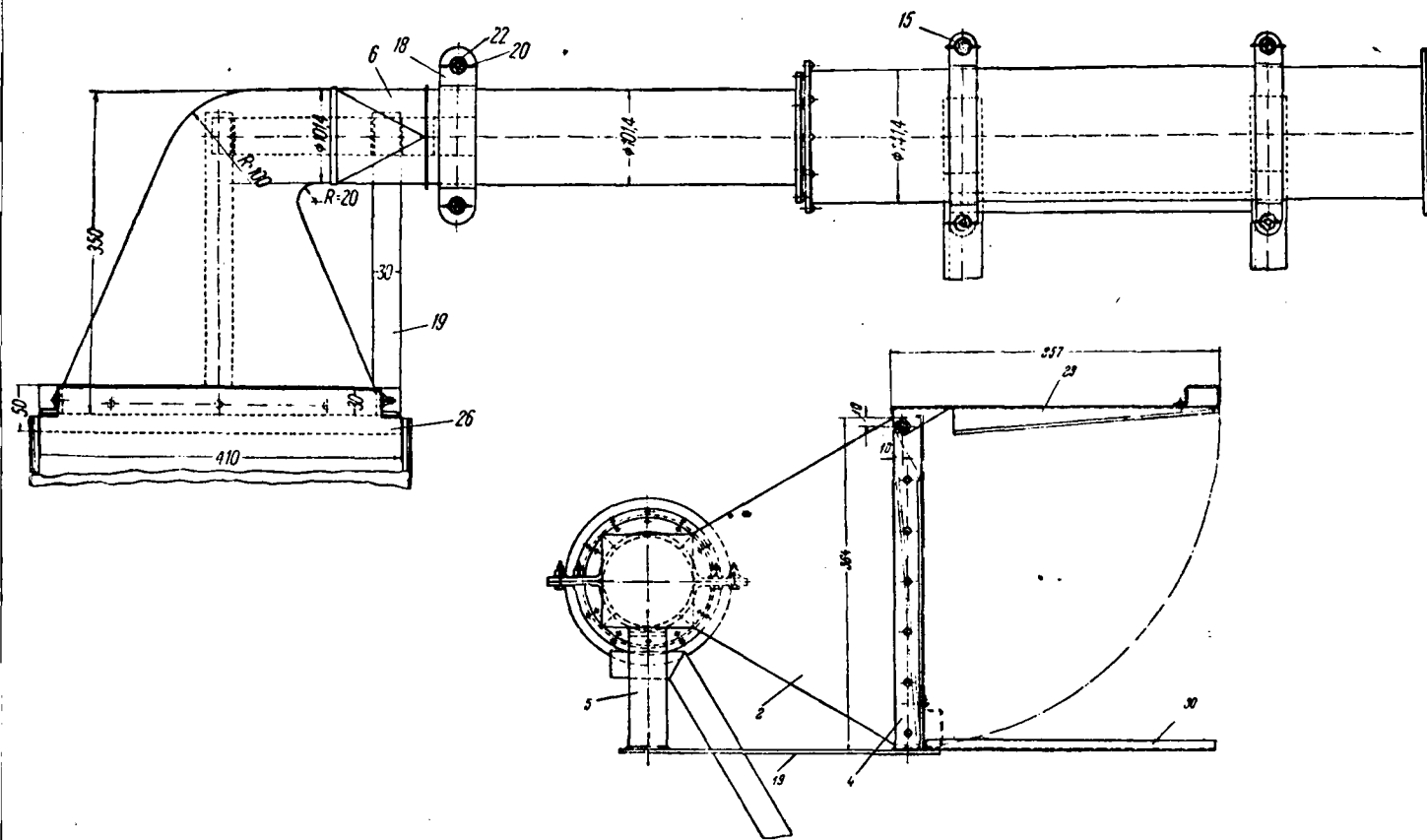
Малые габариты коробки зонта и телескопическое устройство сочленения отсасывающих труб позволяют закрепление и перемещение зонта вместе с суппортом, а небольшая площадь сечения зонта обеспечивает сохранение высокой скорости отсасываемого воздуха по всему его рабочему сечению. Для удовлетворительной работы зонта вне зависимости от его конструкции необходимо, чтобы скорость отсасываемого воздуха по всему сечению зонта составляла не менее 3,0—4,0 м/сек.



Фиг. 42. Металлизационная кабина:

1—боковой лист; 2—боковой угольник; 3—передний лист пылевого канала; 4—выдвижной лист; 5—угольник боковой стенки; 6—петля; 7—крючок; 8—задний лист; 9—угольник; 10—лист дверки левый; 11—лист дверки правый; 12—петля; 13—патрубок; 14—планка; 15—угольник; 16—петля верхнего звена; 17—задний лист пылевого канала; 18—ручка; 19—задний лист; 20—боковой лист; 21—сетка; 22—нижний лист; 23—стержень; 24—накладка дверная (шарнирная); 25—стекло.

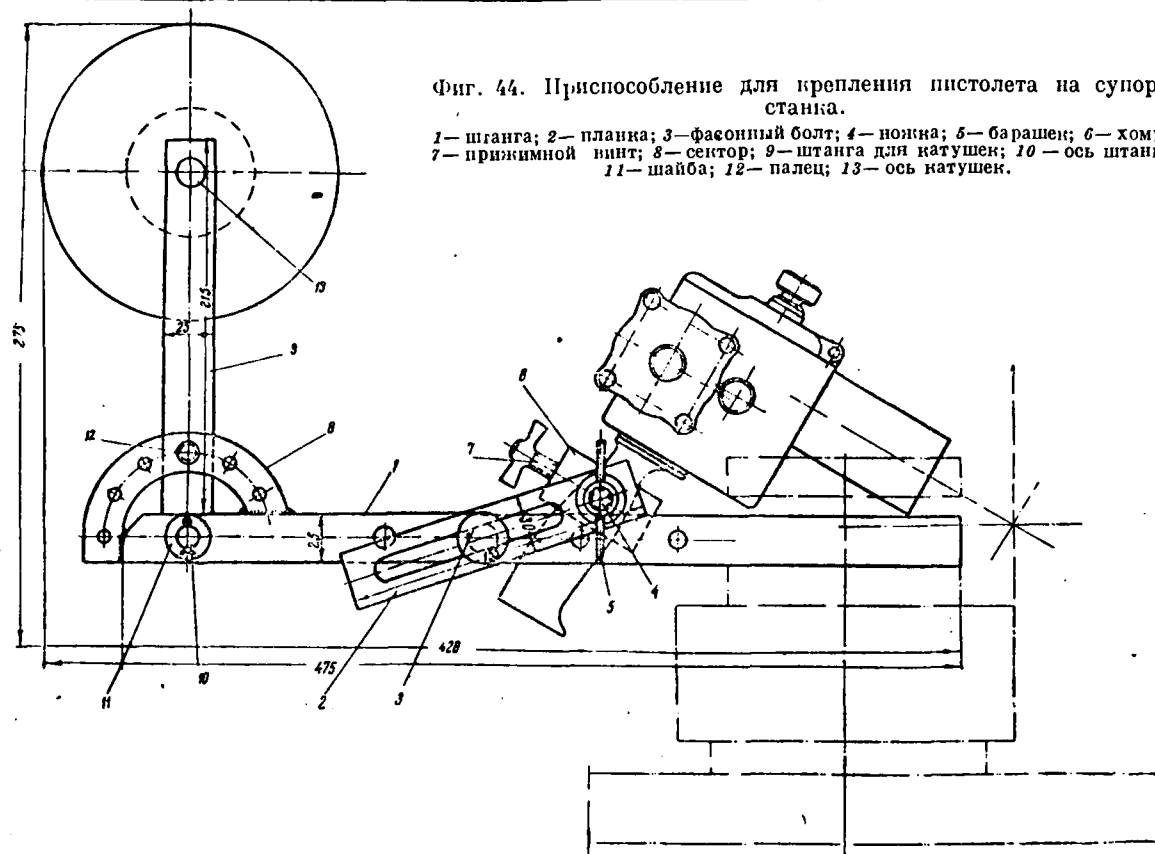




Фиг. 43. Вытяжной зонт для токарного станка.

Фиг. 44. Приспособление для крепления пистолета на супорте станка.

1— штанга; 2— планка; 3— фасонный болт; 4— ножна; 5— барашек; 6— хомут;
7— прижимной винт; 8— сектор; 9— штанга для катушек; 10— ось штанги;
11— шайба; 12— палец; 13— ось катушек.



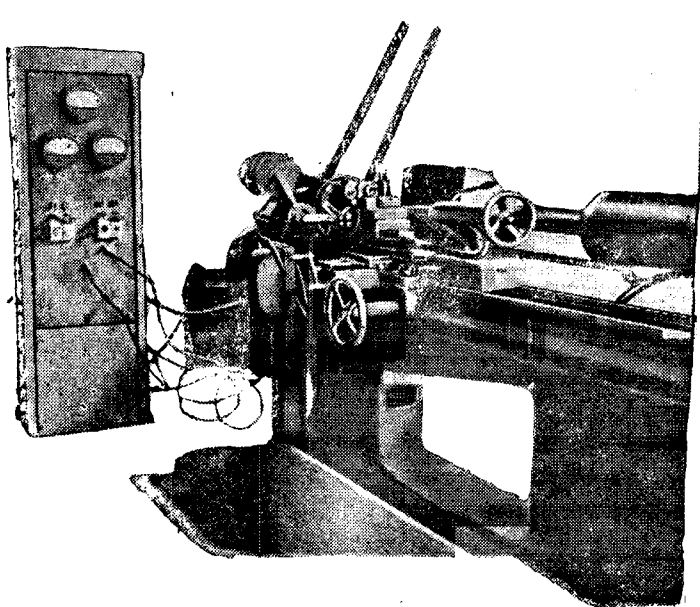
Приспособление для крепления пистолета на супорте станка

При металлизации на станке для закрепления пистолета на супорте пользуются приспособлениями, позволяющими лёгкое изменение положения в пространстве и служащими для установки проволоочных катушек в наиболее удобном положении, непосредственно у аппарата.

Такое приспособление, удобное в пользовании и лёгкое в изготовлении, может быть выполнено согласно фиг. 44.

Штанга приспособления зажимается в резцедержателе токарного станка, что позволяет осуществлять перемещение пистолета и катушек вдоль оси метализируемой детали с помощью супорта.

Общий вид станка для металлизации с установленными на его супорте приспособлениями для закрепления пистолета и отсасывающим зонтом, а также рядом расположенным щитом, дан на фиг. 45.



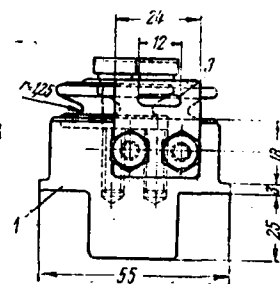
Фиг. 45. Вид станка, приспособленного для производства
электрометаллизации.

Приспособление для выпрямления проволоки

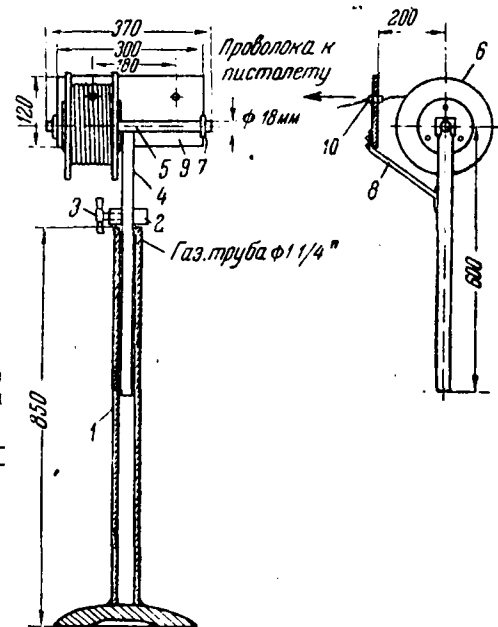
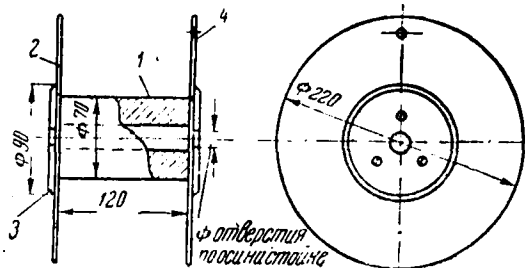
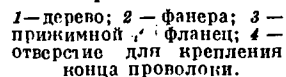
Для работы пистолета требуется гладкая, свободная от окалины и чистая проволока; её укладка на катушках должна обеспечивать лёгкую размотку.

Для удовлетворения этих требований производят намотку катушек на токарном станке, пользуясь приспособлением (фиг. 46), закрепляемым в резцедержателе.

При прохождении через ролики проволока подвергается нескольким перегибам, вызывающим отскакивание окалины и выпрямление проволоки.



1— корпус; 2— ролик; 3—
ушко; 4— ось ролика; 5—
БННТ.



1— стойка; 2— опорное кольцо; 3— прижимной болт; 4— штанга; 5— ось; 6— катушка; 7— замок; 8— кронштейн; 9— щиток; 10— направляющие трубки.

Освобождение проволоки от сплошной ржавчины с помощью указанного приспособления достигнуто быть не может и производится путём пескоструйной очистки или травления.

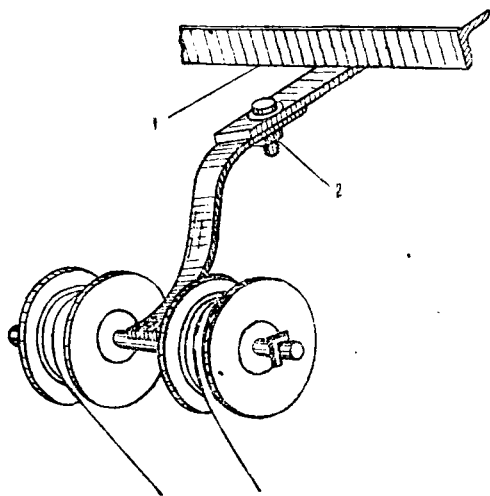
При отсутствии приспособления проволоку выпрямляют, протаскивая её между двумя плотно прижатыми в резцедержателе деревянными колодками и по выходе из колодок протирают шкуркой и чистыми концами.

Проволочные катушки и стойки для них

Потребляемая для текущих нужд проволока из бухт заранее перематывается на запасные катушки (фиг. 47). Наибольшие различия в размерах и способе изготовления катушек не имеют никакого значения; они должны быть лишь согласованы с устройством стойки для катушек.

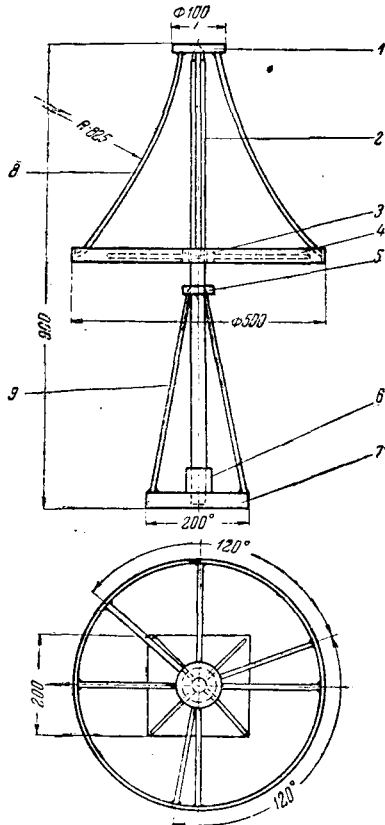
Стойка для катушек изготавливается по фиг. 48 и устанавливается у металлической кабины или у любого рабочего места по необходимости.

Наиболее удобно при работе у кабины подвешивать катушки на кронштейне, закрепляемом сверху кабины (фиг. 49).



Фиг. 49. Кронштейн для подвешивания проволочных катушек к потолку металлической кабины:

1 — крыша кабины; 2 — шарнирный болт.



Фиг. 50. Вертушка для разматки проволоки в бухтах.

Проволока в бухтах для удобства перематки на катушки помещается на вертушке (фиг. 50).

В. ПИТАНИЕ СИСТЕМЫ СЖАТЫМ ВОЗДУХОМ

Воздушный компрессор

Источником питания металлизационной установки сжатым воздухом является или воздухопроводная сеть от общезаводской компрессорной станции, или отдельный компрессор, обеспечивающий соответственные давление и производительность.

В обоих случаях для работы электрического пистолета требуется, чтобы у разборного вентиля на рабочем месте имелось давление не менее 6 *ати* и давление сохраняло своё постоянство при полностью открытом воздушном кране пистолета.

При определении возможности использовать в нуждах металлизации существующую воздушную сеть или вновь устанавливаемый компрессор, следует исходить из норм потребления воздуха, указанных в табл. 22.

Таблица 22

Потребление воздуха оборудованием металлизационной мастерской

Наименование оборудования	Расход воздуха на 1 аппарат м ³ /мин	Рабочее давление ати
Пескоструйный пистолет всасывающего типа	0,8—1,2	4,5—6,0
Пескоструйный аппарат нагнетательного типа	3,0	3,0—4,5
Электрометаллизационный пистолет ЛК . .	1,2—1,5	6,0

Из данных практики известно, что коэффициент одновременности загрузки металлизационного оборудования обычно лежит в пределах 0,6—0,8, что в соответствии с характером производимых работ учитывается при расчёте количества воздуха, потребного для питания металлизационной мастерской.

Для самостоятельного обслуживания небольших металлизационных мастерских (1—2 металлизационных пистолета и 1 пескоструйный шкаф) наиболее подходящими по своим характеристикам являются марки компрессоров отечественного изготовления, указанные в табл. 23.

Согласно существующим правилам, уход за компрессорной установкой должен поручаться только сведущим лицам, знания которых должны быть проверены и соответственным образом засвидетельствованы.

Р е с п е р

Работа металлизационного пистолета требует, чтобы поступающий в него воздух обладал постоянным давлением и был лишён колебаний при изменениях в расходовании воздуха из сети, а также не передавал пульсации, вызываемой выталкиванием воздуха поршнями компрессора.

Характеристики компрессоров, применяемых для металлизации напылением

Тип компрессора	Количество всасываемого воздуха, м³/мин.	Давление сжатия ати	Число оборотов об/мин.	Мощность мотора кВт	Расположение цилиндров	Завод-изготовитель
ВК-3-1 . .	3,0	7,0	600	22,5	Вертикальное	Краснодарский маш. з-д Главхиммаша
КВ-200 . .	4,5	6,0	650	36,0	То же	Ташкентский з-д «Красный путь» НКПС
ВВК-200 .	4,5	6,0	650	36,0	»	Московский з-д «Компрессор»
Г-1	5,0	6,0	500	36,0	»	Краснодарский з-д Главхиммаша

Для соблюдения указанного обслуживающий металлизационную установку компрессор должен быть снабжён воздушным аккумулятором (ресивером), устанавливаемым в непосредственной от него близости.

Для установления объёма ресивера существуют многочисленные эмпирические формулы, из которых отделом пневматики ЦНИИТМАШ рекомендуется следующая:

$$V_{\text{ресив}} = V \sqrt{k v},$$

где V — объём ресивера;

v — объём всасываемого воздуха в м³/мин;

k — коэффициент; для компрессоров с примерной производительностью 5 м³/мин $k = 3$.

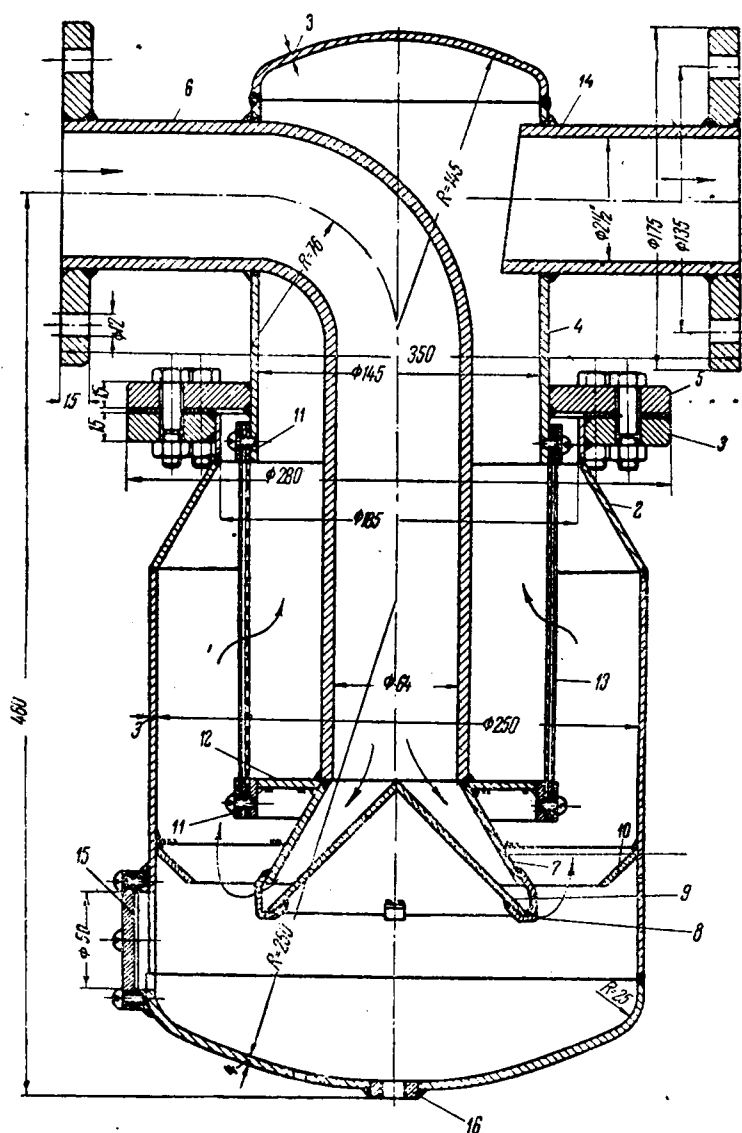
Вообще принято считать, что минимальный объём воздушного аккумулятора должен составлять не менее половины от минутной производительности компрессора.

При установке ресивера следует иметь в виду, что для его пуска и эксплуатацию необходимо разрешение инспекции Котлонадзора, в связи с чем при его изготовлении требуется соблюдение установленных действующим законодательством правил, согласно которым работы по сварке сосудов, работающих под давлением, могут производиться только сварщиками-паспортистами, а применяемые сталь и электроды должны иметь свидетельства испытаний.

Ресивер снабжается грузовым предохранительным клапаном рычажного типа, воздушным манометром, выведенным в компрессорное помещение, а также спускным краном и люком для чистки.

На нагнетательной линии между компрессором и ресивером должен быть установлен обратный клапан.

Скопляющиеся в ресивере масло и воду требуется выпускать не реже раза в смену.



Фиг. 51. Линейный маслоуловитель:

1 — резервуар; 2 — раструб; 3 — фланец резервуара; 4 — головка; 5 — фланец головки; 6 — входная труба; 7 — раструб; 8 — скобка; 9 — конус; 10 — ковырек; 11 — кольцо; 12 — воротник; 13 — сетка проволочная; 14 — труба выходная; 15 — лаз; 16 — гнездо под продувной кран.

Установка ресивера в цеховых помещениях не разрешается и производится вне здания, в непосредственной близости к компрессору.

Расстояние между ресивером и стеной здания должно быть не менее 1,5 м.

Линейный маслоуловитель

С целью устранить быстрое загрязнение постовых масловодоотделителей и удлинить продолжительность их работы без очистки и переборки рекомендуется включать в воздухопроводную сеть линейный маслоуловитель, одна из конструкций которого показана на фиг. 51.

Линейные маслоуловители принято устанавливать на пути между компрессором и ресивером, что, однако, ни в какой мере необязательно, так как возможно включение маслоуловителя и после ресивера.

В конструкции на фиг. 51 отделение масла носит механический характер и происходит как вследствие удара воздушной струи о стенки сосуда, так и за счёт прохождения воздуха через фильтр, состоящий из двойного ряда мелкой металлической сетки.

Спуск конденсата и продувка маслоуловителя должны производиться не менее 1—2 раз в смену.

Трубопровод сжатого воздуха

Всасывающая труба компрессора должна быть возможно более короткой и выведена за пределы помещения. Конец всасывающей трубы снабжается вихревым или сетчатым фильтром с ограждением.

Из компрессора сжатый воздух через обратный клапан проходит холодильник, маслоотделитель и ресивер, откуда распределяется по воздухопроводной сети, согласно схеме на фиг. 52.

Определение диаметра труб для воздухопровода требует специального расчёта; диаметр труб зависит от длины магистралей, давления воздуха, сопротивления сети и других факторов.

При небольших размерах сети для быстрого в производственных условиях определения диаметра труб можно с достаточной точностью пользоваться данными табл. 24.

Во избежание скапливания конденсата в трубопроводах их укладка производится с обязательным приданием трубам небольшого наклона и с установкой в тупиках и в наиболее низко расположенных точках конденсационных горшков.

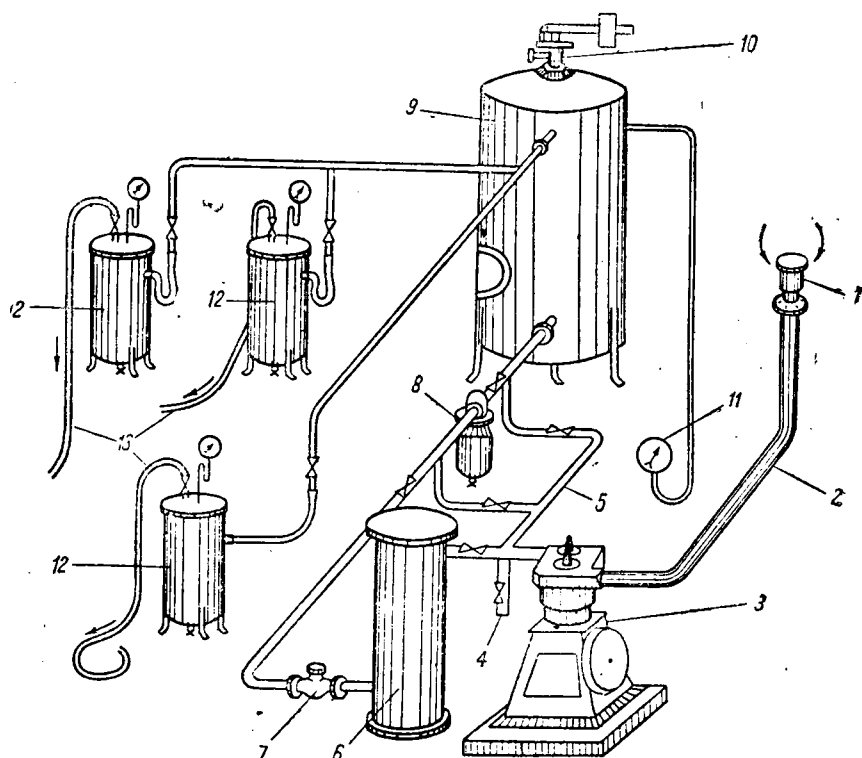
Конденсационные горшки могут быть заменены небольшими сварными водосборниками с продувными кранами, установка которых в местах возможного накопления конденсата и образования водяных мешков особенно пе-

Таблица 24

Диаметр труб для воздухопроводов в зависимости от объёма засасываемого воздуха и длины трубопроводов

Длина трубопровода м	Объём засасываемого компрессором воздуха м ³ /мин							
	3	4	5	6	8	10	12	
	Внутренний диаметр труб в мм при 6 ати и потере давления 0,1 ат							
10	25	28	30	32	36	40	43	
20	27	32	35	37	41	44	48	
40	33	37	40	43	47	50	54	
60	35	39	42	47	51	55	58	
80	37	42	45	49	54	58	62	
100	39	43	47	51	57	61	66	

обходима. При выполнении этих мероприятий образуемый в трубках конденсат может удаляться без участия и излишнего загрязнения постовых масловодоотделителей.



Фиг. 52. Схема питания металлизационной мастерской сжатым воздухом: 1—фильтр; 2—всасывающая труба; 3—компрессор; 4—пусковая труба; 5—обводная труба; 6—холодильник; 7—обратный клапан; 8—линейный маслоуловитель; 9—ресивер; 10—предохранительный клапан; 11—манометр от ресивера; 12—масловодоотделители постовые; 13—шланги с аппаратом.

Включение последних в воздухопроводную сеть для облегчения разборки при чистке предпочтительнее производить не жёстко, а с помощью резиновых рукавов, которые согласно стандарту Главрезины ($\frac{832}{18-3}$) выпускаются с внутренним диаметром в 13, 16, 19, 25, 32 и 38 мм и рассчитаны для работы под давлением до 8 кг/см². Воздух из постовых маслоуловителей к пистолетам также подаётся гибкими шлангами, в качестве которых чаще всего используются рукава для кислородно-ацетиленовой сварки и резки, имеющие внутренний диаметр 9,5 мм, наружный — 17,5 мм.

Г. ПОМЕЩЕНИЕ МАСТЕРСКОЙ И ПЛАНИРОВКА ОБОРУДОВАНИЯ

Требования к помещению

Металлизационные мастерские, предназначенные для выполнения разнообразных работ в небольшом объёме, обычно организуются в составе двух

металлизационных постов (кабины и станка) и одного пескоструйного шкафа.

При наличии сжатого воздуха для удобного размещения такого оборудования в пределах самостоятельной мастерской требуется площадь примерно в 40—60 м². В более стеснённых условиях оборудование можно разместить на площади порядка 25 м², как минимум.

Вследствие того, что процесс электрометаллизации сопровождается излучением света вольтовой дуги, выделением шума и распространением пыли, отводимая под мастерскую площадь должна быть изолирована или отделена огнестойкими или деревянными оштукатуренными переборками от смежных производственных помещений.

Из противопожарных соображений перекрытия над помещением для металлизации должны быть огнестойкими.

П л а н и р о в к а о б о р у д о в а н и я

В качестве типичного примера размещения оборудования на фиг. 53 показана планировка металлизационной мастерской на два электропистолета, предусматривающая питание сжатым воздухом от самостоятельной компрессорной установки, расположенной в отдельном помещении.

Такое размещение позволяет рассматривать планировку металлизационного оборудования самостоятельно и вне зависимости от местонахождения компрессора.

В е н т и л я ц и я

В соответствии с требованиями охраны труда (см. стр. 160), при организации стационарно действующих металлизационных установок устройство вентиляции, служащей для удаления образующейся при металлизации пыли, является совершенно обязательным.

Вентиляция является одним из существеннейших элементов оборудования металлизационной мастерской и требует тщательного выполнения, без чего нормальная эксплуатация мастерской оказывается невозможной.

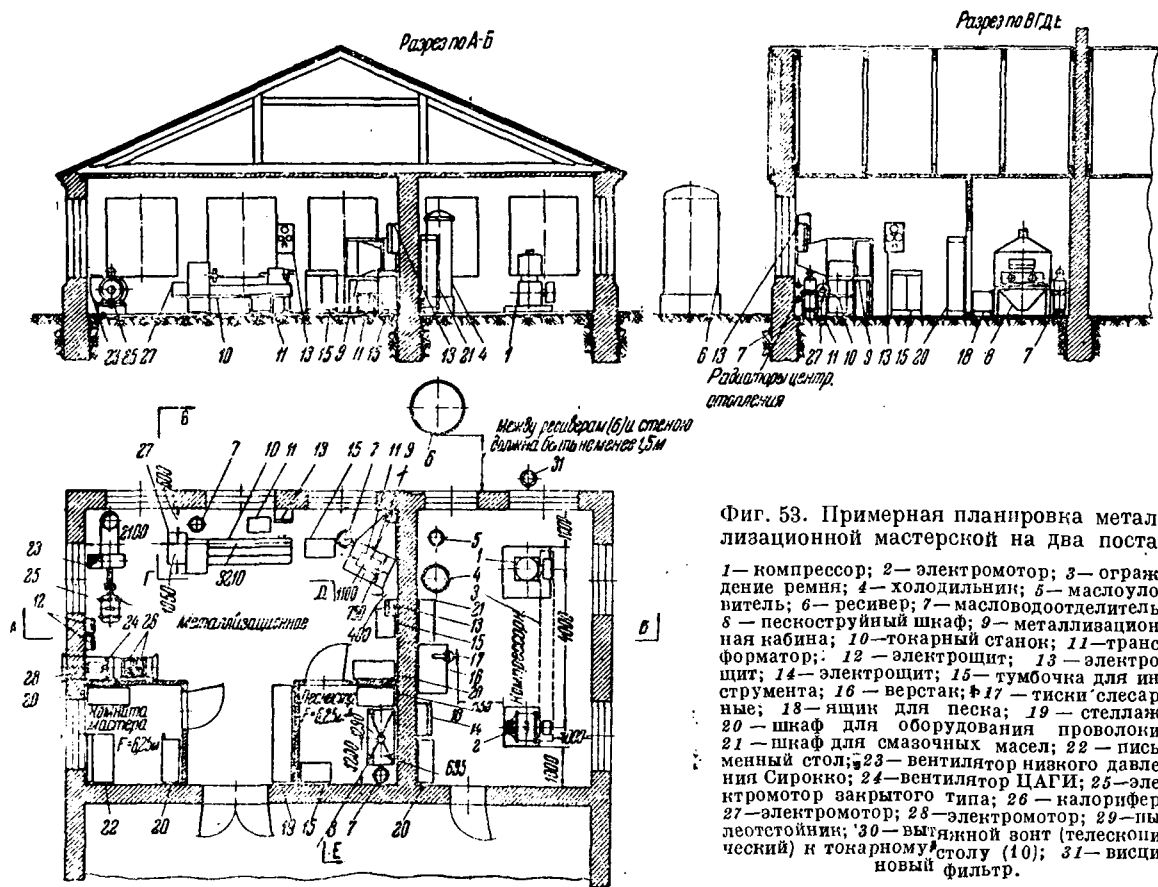
В условиях применяемого при металлизации оборудования вентиляция представляет собой систему индивидуальных отсосов, осуществляющих удаление запылённого воздуха непосредственно из зон пылеобразования, т. е. от рабочих мест — пескоструйного шкафа, металлизационной кабины, станка для металлизации тел вращения и др.

Применительно к типовой планировке, показанной на фиг. 53, устройство вытяжной вентиляции представляется несложным и состоит из отсасывающего вентилятора, пылесборника и воздухопровода, связывающего рабочее оборудование, согласно схеме на фиг. 54.

Необходимо учесть, что при всех обстоятельствах пылесборник должен устанавливаться до вентилятора, а не после него. При несоблюдении этого указания неизбежно быстрое изнашивание лопастей ротора вентилятора за счёт абразивного действия проходящих через него частиц песка.

В связи с большим суммарным объёмом воздуха, удаляемого с помощью местных отсосов, в помещении металлизационной мастерской дополнительного устройства общей вентиляции не требуется.

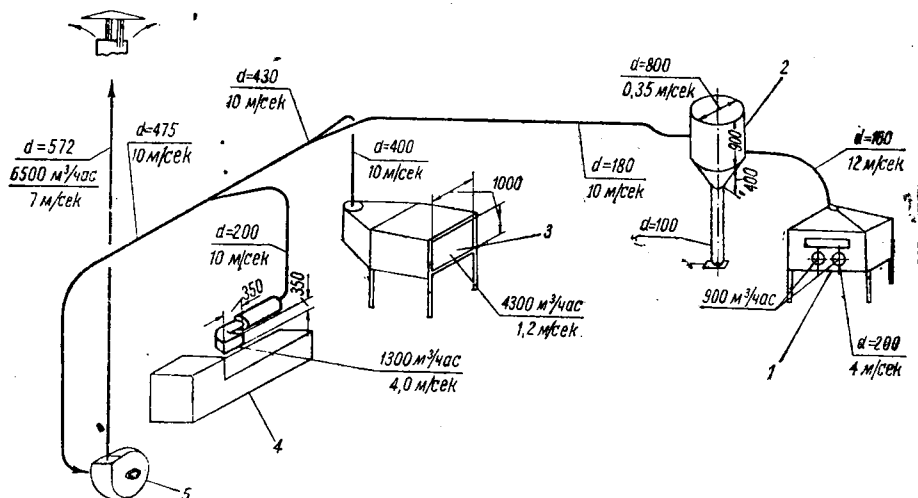
При проектировании вытяжной вентиляции следует исходить из того, что основной вредностью при пескоструйной очистке и металлизации является



Фиг. 53. Примерная планировка металлизационной мастерской на два поста.

1—компрессор; 2—электромотор; 3—ограждение ремня; 4—холодильник; 5—маслоуловитель; 6—ресивер; 7—масловодоотделитель; 8—пескоструйный шкаф; 9—металлизационная кабина; 10—токарный станок; 11—трансформатор; 12—электроцист; 13—электроцист; 14—электроцист; 15—тумбочка для инструмента; 16—верстак; 17—тиски слесарные; 18—ящик для песка; 19—стеллаж; 20—шкаф для оборудования проволоки; 21—шкаф для смазочных масел; 22—письменный стол; 23—вентилятор низкого давления Сирокко; 24—вентилятор ЦАГИ; 25—электромотор закрытого типа; 26—калорифер; 27—электромотор; 28—электромотор; 29—пылеотстойник; 30—вытяжной зонт (телескопический) к токарному столу (10); 31—висциновый фильтр.

мелкая пыль, в первом случае — минеральная с размером частиц от 4 до 90 м, во втором — металлическая. По данным специальных исследований запыленности воздуха, произведённых Институтом по изучению профзаболеваний им. Обука, в металлizationных мастерских б. Конторы металлization Органметалла, при бездействующей вентиляции, общее количество металлических частиц, содержащихся в воздухе у рабочего места, составляет от 3500 до 5000 единиц в 1 см³ с размерами в 2—4 м. Преобладающее количество (95—98%) находящихся в воздухе металлических частиц имеет размеры до 2 м и лишь небольшое число их имеет размеры 2—4 м и выше.



Фиг 54. Схема устройства вытяжной вентиляции:

1 — пескоструйный шкаф; 2 — пылесборник; 3 — металлizationная кабина; 4 — станок для металлization тел вращения; 5 — вентилятор Сирокко № 4.

Из опыта проектирования вентиляции металлizationных установок и их проверки в эксплуатации известно, что устранение распространения пыли и необходимый эффект отсасывания могут быть достигнуты при следующих скоростях движения воздуха в плоскости рабочего сечения вентиляционного устройства:

- а) для металлizationных кабин 0,8—1,2 м/сек;
- б) для отсасывающего зонта у станка для металлization 3,0—4,0 м/сек;
- в) для пескоструйного шкафа 0,35—0,40 м/сек.

Как уже было отмечено, получающаяся во время работы пескоструйного шкафа пыль за пределы шкафа не распространяется вследствие его закрытой конструкции. Поэтому вентиляция шкафа производится не по санитарным соображениям, а для удаления из шкафа скапливающейся в нём в большом количестве туманообразной пыли, затрудняющей необходимую видимость обрабатываемой поверхности.

Для уменьшения шума от работы вентилятора установку его по возможности следует выносить за пределы помещения.

О т о п л е н и е

Удаление значительных количеств воздуха при помощи вытяжной вентиляции требует соответственного его восполнения, осуществляемого при помощи системы приточной вентиляции, которая при организации металлизационной мастерской в самостоятельном помещении является совершенно необходимой.

В условиях летнего времени приток воздуха необходим для устранения естественного засасывания воздуха извне и неизбежных при этом резких сквозняков. В холодное же время года совершенно необходим приток подогретого воздуха для поддержания в помещении нормальной температуры.

В помещении металлизационной мастерской во избежание распространения пыли в смежные помещения требуется поддерживать некоторое разрежение. Для этого количество приточного воздуха должно быть меньше отсасываемого примерно на 10 %.

Нормальное отопление мастерской в зимнее время должно быть обеспечено установкой радиаторов центральной паровой или водяной системы, что необходимо для поддержания в помещении комнатной температуры во время бездействия приточной вентиляции, например при перерывах в работе, в нерабочие дни и т. д.

Э н е р г о с н а б ж е н и е

Энергоснабжение как осветительного, так и силового оборудования металлизационной мастерской зависит от местных условий, и вопросы эти решаются по усмотрению данного предприятия.

Схемы силовой и осветительной сети выполняются сообразно планировке оборудования и его количеству. Общее освещение осуществляется за счёт прямого света, местное — от соответственной арматуры, выбираемой по условиям удобства. Освещение пескоструйного шкафа и металлизационной кабины производится посредством встроенной арматуры, приспособляемой по месту. Целесообразно предусмотреть устройство штепсельных розеток для переносного освещения с питанием ламп током низкого напряжения от трансформаторов для электрометаллизации.

При использовании тока с напряжением в 220/380 в, вследствие повышенной опасности для обслуживающего персонала требуется строгое соблюдение правил, касающихся «защитного заземления» и «зануления».

К заземляющей шине отдельными проводами присоединяются металлические части оборудования, могущие оказаться под током при порче изоляции или в случае аварии, например, металлизационная кабина, корпуса моторов, пусковой аппаратуры и т. п.

Для ориентировочного суждения о количестве силовой электроэнергии, требуемой для организации мастерской на две рабочие точки (фиг. 53), даётся табл. 25.

Для определения суммарного тока всех токоприёмников и расчёта сечения проводов необходимо учесть коэффициенты одновременности и загрузки отдельных агрегатов.

П е р е ч е н ь н е о б х о д и м о г о о б о р у д о в а н и я

При организации металлизационной мастерской в рамках рекомендованной фиг. 53 планировки, предусматривающей установку двух точек для

металлизации (кабины и станка) и одного пескоструйного шкафа, необходимо следующее оборудование, часть которого требует изготовления собственными силами предприятия.

Таблица 25
Примерная мощность силового тока, потребляемого типовой металлizaционной мастерской на два поста

Наименование оборудования	Количество	Потребная мощность (номинальная) на единицу оборудования, кВт	Всего кВт
Электромотор к компрессору Г-1	1	36,0	36,0
Электрометаллизационные пистолеты ЛК	2	3,5	7,0
Электромотор к токарному станку	1	3,5	3,5
Электромотор к вентилятору «Сирокко»	1	2,2	2,2
Электромотор к вентилятору ЦАГИ	1	0,2	0,2
Итого	—	—	49,0

Таблица 26
Список оборудования для металлizaционной мастерской

Наименование	Тип или характеристика	Количество	Изготовитель	Примечание
1. Оборудование для пескоструйной подготовки поверхности				
Пескоструйный шкаф	1300 × 700	1	Изготавливается собственными силами	По типовым чертежам МТК Глававтогена
Пескоструйный пистолет	—	1	То же	То же
Шланги резиновые к нему	Ø 25 мм	3—5 мм	Главрезина	—
То же	Ø 13 мм	3—5 м	»	—
Ларь для хранения песка	—	1	Собственного изготовления	Габариты по месту
Ларь для сбора песка из-под пылесборника	—	1	То же	—
Масловодоотделитель постовой (с манометром)	МВО-II	1	»	Изготавливается по рабочим чертежам МТК Глававтогена

Таблица 26 (продолжение)

Наименование	Тип или характеристика	Количество	Изготовитель	Примечание
Шланги к нему резиновые	Ø 32—38 мм	3—5 м	Главрезина	—
Стол для деталей и инструмента . . .	—	1	—	—
Сита для просеивания песка, лопата и прочие вспомогательные принадлежности	—	—	—	Располагается вне помещения мастерской

II. Оборудование для металлизации

Электрометаллизационный пистолет	ЛК-У	2+1 резервный	МОРЭЗ и МТИ	Возможна замена газовым аппаратом МА-40 Моск. автоген. в-да с переделкой на электрический по чертежам МТК Глававтогена
Трансформатор к нему понижающий	Специальный на 3,5—4,0 квт с выводами на 20, 25, 30, 35 в	2	Московский трансформаторный завод	Возможно использование сварочного трансформатора типа СТ-2 с незначительной переделкой
Осциллятор	Сварочный с ёмкостным выходом	1	Завода «Буревестник»	Требуется только для работы на меди
Распределительный щиток	—	2	Собственного изготовления	С приборам
Масловодоотделитель постовой с манометром	МВО-II	2	То же	По типовым чертежам МТК Глававтогена
Кабина для металлизации	—	1	»	То же
Стойка для проволочных катушек	—	1	»	» »
Станок для металлизаций тел вращения (с мотором к нему	Токарный любого типа	1	»	Размеры по габаритам деталей
Державка для укрепления пистолета на супорте станка	—	1	»	По типовым чертежам МТК Глававтогена
Приспособление для выпрямления и перемотки проволоки	—	1	»	То же
Стойка для вращения проволочных				

Таблица 26 (продолжение)

Наименование	Тип или характеристика	Количество	Изготовитель	Примечание
бухт при перемотке	—	1	Собственного изготовления	По типовым чертежам МТК Глававтогена
Проволочные катушки	—	10—15 пар	То же	То же
Шланги резиновые для подключения маслосодоотделителей в воздушной сети	Воздушные $\varnothing$ 32—38	4—5 м $\times$ 2	Главрезина	—
То же для подключения пистолетов к маслосодоотделителю	Ацетиленово-кислородные $\varnothing$ 9,5 мм	4—5 м $\times$ 2		
Столы, стеллажи, тумбочки, инвентарь, инструмент и различные вспомогательные принадлежности	—	—	—	—

III. Приточно-вытяжная вентиляция

Пылесборник	ПС-1	1	Собственного изготовления	По типовым чертежам МТК Глававтогена
Отсасывающий зонтик к токарному станку	—	1	То же	То же
Вентилятор «Сирокко»	Низкого давления N/4 тип В правого вращения; $n=950$ об/мин	1	—	Отсасывающий
Электромотор к нему	Закрытого типа, 2,2 квт; $n=950$ об/мин	1	—	—
Воздухопровод	—	—	—	К отсасывающей вентиляции
Калорифер	С-4	4	Госсантехмонтаж	К приточной вентиляции
Вентилятор ЦАГИ № 6	$n=1450$ об/мин	1	—	—
Электромотор к нему	АДО-21/4; 0,8 квт; $n=1450$	1	—	—

Т а б л и ц а . 26 (продолжение)

Наименование	Тип или характеристика	Количество	Изготовитель	Примечание
IV. Компрессорное отделение и воздухопроводная сеть				
Воздушный компрессор	Г-1 производительностью 5 м ³ /мин. при P=6 ати	1	Краснодарский завод Главхиммаша	Может быть заменён компрессором другого типа
Электромотор к нему с пусковыми устройствами . . .	N=36 квт	1	—	—
Электрощит с приборами	—	1	—	—
Холодильник	Водяного охлаждения	1	—	Для отделения конденсата; не обязателен
Маслоуловитель линейный	MV	1	Собственного изготовления	По типовым чертежам МТК Глававтогена
Обратный клапан	—	1	—	—
Ресивер	Для рабочего давления P=7 ати; V не менее 2,5 м ³	1	—	С манометром и предохранительным клапаном
Висциновый фильтр	—	1	Собственного изготовления	На всасывающую трубу; может быть заменён сетчатым фильтром
Воздухопроводная сеть с арматурой и конденсационными горшками	—	—	—	—
Ограждение ремня, верстак, тумбочки и пр.	—	—	—	—

Помимо приведённого перечня необходимо обеспечение штата мастерской предметами индивидуального пользования — защитными очками, респираторами, рукавицами, резиновыми перчатками, а также набором личного инструмента — пассатижами, отвёртками, ключами и др.

ТЕХНОЛОГИЯ МЕТАЛЛИЗАЦИИ И ОБЛАСТИ ЕЁ ПРИМЕНЕНИЯ

А. ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

1. Общие сведения

Среди разнообразных областей использования металлизации в настоящее время широко распространено применение её для восстановления размеров изношенных деталей машин.

Среди существующих способов ремонта деталей — различных видов механической обработки, наплавки, хромирования и др. — метод металлизации является пока мало распространённым и занимает особое место: во многих случаях он может являться наиболее простым, универсальным и незаменимым средством ремонта, в других же случаях, благодаря особенностям механических свойств покрытий, а также своеобразности технологического процесса возможность применения металлизации совершенно исключается.

При сравнении металлизации с другими основными способами ремонта следует отметить следующие наиболее существенные отличительные черты каждого из способов:

Механические виды ремонта, например обсадка, раздача, переточка для уменьшения размеров с соответственным при этом изменением размеров сопряжённых деталей, в большинстве случаев могут быть заменены металлизацией, позволяющей увеличивать геометрические размеры деталей наращиванием металлических покрытий желательной толщины.

Например, при износе шейки вала вместо уменьшения её диаметра и изготовления нового подшипника с помощью металлизации можно или восстановить размеры самой шейки до требуемого номинала, или наращиванием слоя металла на подшипник подогнать его размеры под ремонтный диаметр шейки вала.

Не менее целесообразна замена механических способов ремонта металлизацией в случаях необходимости уменьшить диаметры посадочных гнёзд под запрессовку обойм шарикоподшипников, шеек валов, втулок и т. д.

Наплавка деталей, как автогенная, так и электрическая, несмотря на широкое распространение и экономичность, во многих случаях оказывается неприемлемой вследствие того, что при наплавке детали в холодном состоянии неизбежен местный нагрев изделия до высокой температуры, при которой в металле возникают внутренние перенапряжения, часто ведущие к образованию трещин и короблению деталей.

Кроме того, при наплавке изношенных поверхностей деталей методом сварки высокая температура вызывает изменение микроструктуры металла, а также появление большой и неравномерной твёрдости, которые без последующей нормализации сильно затрудняют обработку наплавленного слоя. Покрытия, получаемые при наплавке, отличаются также грубой неровностью поверхности, делающей последующую механическую обработку ещё более неудобной.

При применении вместо наплавки металлизации изменения структуры металла, образования трещин и коробления не наблюдаются, так как процесс металлизации не вызывает сколько-либо заметного нагревания детали.

Кроме того, металлизационные покрытия более удобны в обработке

вследствие ровности слоя и равномерной его твёрдости по всей поверхности.

Электролитическое хромирование обладает достоинствами, позволяющими благодаря высокой твёрдости хрома одновременно с восстановлением размеров получать увеличение износоустойчивости детали. Вместе с тем хромирование, вследствие малого электрохимического эквивалента хрома и низкого выхода тока по металлу, отличается значительной продолжительностью процесса, делающей его экономически выгодным только для реставрации дорогостоящих деталей и при наращивании покрытий небольшой толщины — в пределах не выше 0,5 мм. Очень большая твёрдость электролитического хрома позволяет производить последующую механическую обработку покрытий только с помощью шлифования, что, с одной стороны, удорожает обработку, а с другой, — часто делает её невозможной из-за отсутствия специального оборудования.

Вследствие указанных обстоятельств во многих случаях металлизация не только с успехом может заменить хромирование, но может оказаться даже более целесообразной по следующим причинам:

а) восстановление размеров деталей методом металлизации протекает весьма быстро и требует весьма незначительных затрат времени;

б) в противоположность хромированию при металлизации возможно нанесение слоёв любой толщины;

в) твёрдость металлизационных покрытий может регулироваться в широких пределах, что при необходимости позволяет вести обработку деталей на токарных станках без применения шлифовки;

г) металлизационные покрытия при работе на трение в условиях смазки обладают высокой износоустойчивостью, позволяющей применять их с таким же успехом, как и покрытия из хрома.

Сопоставление металлизации с другими способами восстановления изношенных деталей показывает, что в ремонтном деле металлизация является исключительно ценным средством, допускающим выполнение большого круга разнообразных работ и намного увеличивающим возможности использования внутренних ресурсов и повышающим срок службы отдельных частей и деталей машин.

Виды работ по восстановлению изношенных деталей, могущих выполняться при помощи металлизации распылением

Несмотря на все свои достоинства, металлизация не всегда в состоянии заменить собой другие способы восстановления изношенных деталей и в силу присущих ей недостатков (см. стр. 5) может быть использована лишь при выполнении определённых видов работ. Круг этих работ определяется рядом предъявляемых к восстанавливаемой детали требований, которые в основном сводятся к следующему:

1. Подлежащая наращиванию поверхность детали как по твёрдости, так и по технологическим соображениям должна допускать производство подготовки к металлизации, заключающейся в нарезке поверхности или её пескоструйной обработке. Из указанного следует, что хромированные, цементированные, а также закалённые детали, вследствие невозможности для них требуемой подготовки поверхности, металлизироваться не могут. Металлизация таких деталей возможна лишь в том случае, если в результате механической или

термической обработки будет достигнута возможность подготовки их поверхности резанием.

2. Детали должны обладать достаточным запасом прочности, чтобы позволять производство предварительной подготовки (нанесения резьбы), вызывающей большее или меньшее ослабление их механической прочности.

Необходимость соблюдения указанного условия связана с тем, что металлизационное покрытие практически не повышает прочности восстанавливаемой детали и позволяет лишь увеличивать её геометрические размеры (см. стр. 29).

Металлизационные покрытия не могут подвергаться ударным и динамическим воздействиям, могущим вызывать разрушение или отслаивание металлизационного покрытия. Например при восстановлении размеров распределительного вала автомобильного двигателя опорные шейки вала, работающие в условиях трения в подшипниках, могут быть металлизированы, в то время как кулачки того же вала, испытывающие на себе непрерывные удары клапанов, металлизироваться не могут. По тем же причинам с помощью металлизации невозможно, например, наращивание штампов, зубьев шестерён, рабочих кромок режущего инструмента и т. д.

4. Металлизация не может быть использована также в тех случаях, когда требуется нанесение слоя на весьма небольшие поверхности, испытывающие на себе действие значительных усилий. Например при восстановлении размеров поршней возможно производить наращивание его юбки и невозможно наращивать узкие (4—6 мм) бортики между канавками под поршневые кольца.

По тем же самым причинам путём металлизации невозможно наращивать резьбу.

Восстановление размеров деталей, удовлетворяющих перечисленным условиям, а также отдельные виды работ, позволяющие применять металлизацию в ремонтном деле, рассматриваются ниже — в описании технологического процесса.

Технологический процесс металлизации складывается из операций:

- 1) подготовки поверхности к металлизации;
- 2) собственно металлизации (нанесение металла);
- 3) последующей отделки поверхности.

2. Подготовка поверхности под металлизацию

Назначение и способы подготовки поверхности

Подготовка поверхности имеет целью:

а) очистку поверхности и удаление с неё жиров и всякого рода других загрязнений (в том числе и освобождение металла от покрывающей его окисной плёнки), наличие которых отрицательно сказывается на прочности сцепления слоя;

б) придание поверхности возможно большей шероховатости, являющейся основным и главнейшим требованием подготовки, при несоблюдении которого не может быть обеспечено надлежащее сцепление распыляемых частиц с поверхностью;

в) изменение размеров и форм восстанавливаемой детали для возможности нанесения слоя заданной толщины и наилучших условий его закрепления на поверхности.

Обычно все перечисленные задачи удовлетворяются применением пескоструйной очистки или специальной механической обработки, которые и являются основными способами подготовки поверхности к металлизации. Однако в отдельных случаях восстанавливаемые детали могут требовать выполнения некоторых дополнительных операций очистки.

О ч и с т к а д е т а л и

Очистка сильно загрязнённых деталей производится обычными способами — обтиркой концами, промывкой в растворителях, обработкой в моечных машинах и т. д. Применение в таких случаях пескоструйной обдувки нецелесообразно вследствие того, что загрязнение песка делает невозможным его повторное использование и вызывает необходимость его полной замены.

Указанные простейшие способы допускают удаление загрязнений с наружной поверхности, что не всегда бывает достаточно. В практике бывают случаи, когда металлизации подлежат в той или иной степени пористые детали, длительное время работавшие в масляной среде, например чугунные, бронзовые или алюминиевые поршни, подшипники, детали насосов и т. п. В таких случаях обязательно удаление находящегося в порах металла масла, что достигается нагреванием детали до температуры, достаточной для сгорания масла.

При отсутствии подходящих печей обычно пользуются обогревом детали паяльной лампой или газовой горелкой, с помощью которых масло из пор выгоняется наружу и удаляется обтиркой тряпками. Такое нагревание производится до тех пор, пока всё масло не будет полностью удалено.

При несоблюдении этого условия во время металлизации или даже после неё в процессе работы детали в эксплуатации оставшееся в порах масло постепенно поднимается к поверхности и ухудшает условия связи между поверхностью детали и наносимым на неё слоем.

Во избежание указанного лучше всего доводить нагрев деталей до 350—370°, что обеспечивает полное удаление масла. Так как при ручном выжигании масла контроль за температурой нагрева детали затруднителен, в практике нагревание ведут не выше, чем это необходимо для образования дыма от сгорания масла. Окончание нагревания определяется полным прекращением выделения дыма.

Для удаления из пор металла воды (например из корпусов фильтров и насосов, блоков и головок двигателей и т. д.) требуется нагрев до температуры порядка 200°.

П о д г о т о в к а п о в е р х н о с т и п е с к о с т р у й н о й о б р а б о т к о й

При восстановлении изношенных деталей подготовка их поверхности пескоструйной обработкой производится лишь в тех случаях, когда механическая подготовка, т. е. нанесение резьбы, по тем или иным причинам оказывается невозможной.

Пескоструйная обработка является единственным способом подготовки плоских поверхностей; в качестве же самостоятельного средства подготовки тел вращения она используется относительно редко.

Несмотря на всю простоту операции пескоструйной обработки, её значение в отношении конечных результатов металлизации необычайно велико,

так как несоблюдение простейших и элементарнейших правил работы ведёт к резкому снижению прочности сцепления слоя с основанием.

При металлизации основная задача пескоструйной подготовки сводится к приданию поверхности максимальной шероховатости, при которой каждое из углублений и неравномерностей было бы возможно более развитым и как бы состояло из ряда хаотически расположенных «заусениц», обладающих размерами примерно того же порядка, что и величина распыляемых частиц.

Поэтому качество пескоструйной подготовки и её эффективность необходимо рассматривать лишь в смысле её удовлетворения этому требованию, так как другие параметры (к. п. д., производительность, расход воздуха и пр.) в условиях металлизации имеют второстепенное значение.

Качество пескоструйной подготовки главным образом зависит от качества применяемого абразивного материала, а также от режима работы пескоструйного аппарата и чистоты употребляемого воздуха.

Абразивный материал для пескоструйной подготовки поверхности. В качестве абразивного материала для пескоструйной подготовки поверхности применяется горный кварцевый песок, наряду с которым за границей широко используется так называемый стальной песок или стальная крошка.

Кварцевый песок прежде всего должен быть острогранным, а также совершенно сухим, очищенным от глинистых примесей и пыли тщательным просеиванием или отмучиванием. Песок для подготовки к металлизации требует сортировки по размерам частиц. Обычно применяется песок с зёрнами от 0,5 до 2,5 мм, причём мелкие сорта песка (0,5—1,0 мм) применяются для обработки мягких цветных металлов и чугуна, а также для тонкостенных изделий, обработка которых требует осторожности вследствие возможности их коробления.

Песок среднего размера (1,5 мм) рекомендуется для обработки железа и мягкой стали, а наиболее крупный сорт песка (2,0—2,5 мм) служит для обработки более твёрдых материалов.

Во многих случаях вследствие затруднений со снабжением кварцевым песком используются различные сорта кремнистых речных песков, которые со стороны требований металлизации являются значительно худшим материалом, так как частицы речного песка округлые, а не острогранные, а также имеют недостаточно высокую твёрдость.

Вследствие этого абразивное действие речного песка по сравнению с кварцевым весьма не велико и во многих случаях недостаточно, чтобы обеспечить требующуюся при металлизации шероховатость поверхности. Помимо указанного, механически непрочные частицы речного песка при ударе о поверхность быстро разрушаются и превращаются в пыль, которая, смешиваясь с ещё годным песком, сильно снижает и без того невысокую его абразивную способность, в силу чего требуется постоянное и частое обновление песка.

Преимущество кварцевого песка заключается в его твёрдости и способности сохранять острогранность за счёт бесперывного образования новых граней от раскалывания частиц при ударах о поверхность.

Из этих соображений по мере возможности следует избегать применения речных песков и пользоваться кварцевым, что всегда оправдывает даже самые высокие затраты на его получение. Исходя из незначительности требующихся при металлизации количеств песка и ввиду чрезвычайно большого

влияния абразива на качество подготовки, за границей считается целесообразным пользоваться специально выпускаемыми для целей металлизации сортами чистейшего острогранного кварцевого песка, получаемого дроблением горного кварца.

Ещё более целесообразно применение стального песка, хорошие сорта которого имеют твердость большую, чем кварц (7-я степень твердости, по шкале Мооса). Кроме того, стальная крошка (песок) не гигроскопична, не даёт пыли, обладает высоким к. п. д. и в меньшей мере вызывает изнашивание пескоструйного сопла.

Срок службы металлического песка, как это показывает практика заграничные и некоторых наших заводов, вообще превышает срок службы кварцевого песка в 30—60 раз. Исходя из особых требований металлизации, следует считать, что продолжительность службы стального песка превышает срок службы кварцевого песка всего в 10—20 раз, так как затупление граней стальных песчинок после этого срока делает её применение уже малоэффективным.

По американским данным (27) в зависимости от видаготавливаемой к металлизации поверхности, рекомендуется применение следующих размеров стальной крошки:

- а) для подготовки цилиндрических гильз двигателей, шеек валов из металлов с большой твердостью и плоских поверхностей — крошка № 20;
- б) для шеек валов, пресовых посадок и плоскостей, покрываемых металлами с температурой плавления меди — крошка № 30;
- в) для поверхностей, покрываемых металлами с температурой плавления ниже меди (свинец, олово, кадмий, цинк, алюминий) на толщину слоя более чем 0,3—0,4 мм — крошка № 40;
- г) для тех же металлов при металлизации на толщину менее 0,3—0,4 мм — крошка № 50;
- д) для деталей, подверженных лёгкому короблению и деформации, — крошка № 60.

Следует отметить, что работу на смеси из кварцевого (и тем более речного) и металлического песка допускать не следует, так как условия применения этих абразивов и эффективность действия их на обрабатываемую поверхность совершенно различны.

Торговые сорта металлического песка в СССР не изготавливаются: лишь несколько заводов вырабатывают небольшие его количества для собственных нужд.

Влияние режима работы на качество подготовки. При одном и том же абразивном материале на качество подготовки существенное влияние оказывает угол направления песочной струи. Например, при обработке чугуна кварцевым песком наилучшие результаты получаются при угле наклона 15°. Из диаграммы на фиг. 55 видно, что при работе на стальной крошке оптимальным углом для обработки чугуна является угол в 50°, а для стали 30°.

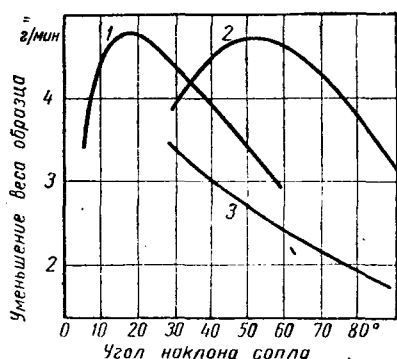
В производственных условиях рекомендуется держать сопло в разных направлениях, под разными углами наклона в пределах примерно 15—30°, но ни в коем случае не перпендикулярно.

На эффективность пескоструйной очистки влияет также расстояние от сопла до обрабатываемой поверхности, с увеличением которого качество подготовки заметно снижается. При работе на пистолетах всасывающего типа

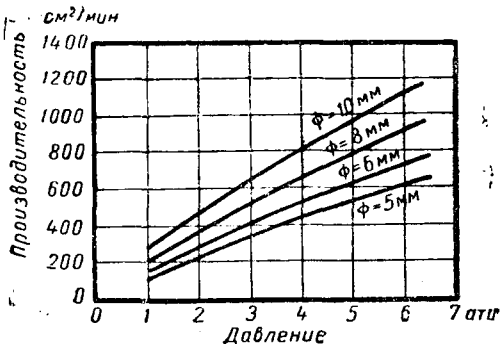
рекомендуется выдерживать расстояние между соплом и изделием не свыше 70—80 мм и при работе на аппаратах нагнетательного типа — в пределах 100—150 мм.

Эффективность очистки сравнительно интенсивно и равномерно повышается одновременно с повышением давления сжатого воздуха. Поэтому при подготовке поверхности к металлизации необходимо пользоваться более высоким рабочим давлением сравнительно с давлениями, рекомендуемыми для других случаев применения пескоструйной очистки.

При обработке изделий из твёрдых металлов песком минерального происхождения в практике принято пользоваться следующими давлениями: для пескоструйного аппарата нагнетательного типа 2,0—3,5 ати, для пистолета всасывающего действия 3,0—4,5 ати.



Фиг. 55. Эффективность пескоструйной очистки в зависимости от угла падения струи абразива:
1 — песок по чугуну; 2 — стальная крошка по чугуну; 3 — стальная крошка по стали.



Фиг. 56. Влияние диаметра отверстия сопла на производительность пескоструйной очистки.

Очень часто для работы пескоструйного пистолета используется воздухопровод к электрометаллизатору с давлением в 5,5—6,0 ати, что на качество подготовки сколько-нибудь существенного значения не оказывает и лишь ведёт к излишнему расходу воздуха и завышенному пылеобразованию.

Для работы на металлическом песке требуется давление на 1—2 ат выше, чем при работе на песке минерального происхождения. Такое требование вытекает из необходимости обеспечить достаточную скорость движения струи стального песка, имеющего по сравнению с кварцевым песком примерно в 2,5 раза больший удельный вес.

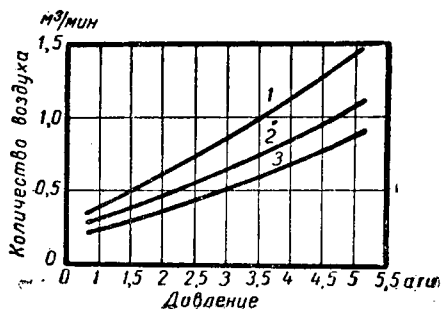
Обработка мягких цветных металлов, а также изделий из листового металла, могущих быть покоробленными под действием струи песка, производится под несколько уменьшенным давлением, которое устанавливается по соображениям опыта лишь приблизительно — в соответствии с характером изделия.

При отсутствии воздушных редукторов давления регулировка подачи воздуха производится простейшим способом — путём большего или меньшего перекрытия вентиля.

Диаметр отверстия пескоструйного сопла на качество подготовки влияния не оказывает (28), но его увеличение заметно повышает производительность (фиг. 56), что имеет существенное значение при обработке больших поверхностей.

Установлено, что оптимальный диаметр отверстия сопла лежит в пределах 8—10 мм. Использование сопел большого диаметра нецелесообразно вследствие необходимости в повышенном расходе воздуха.

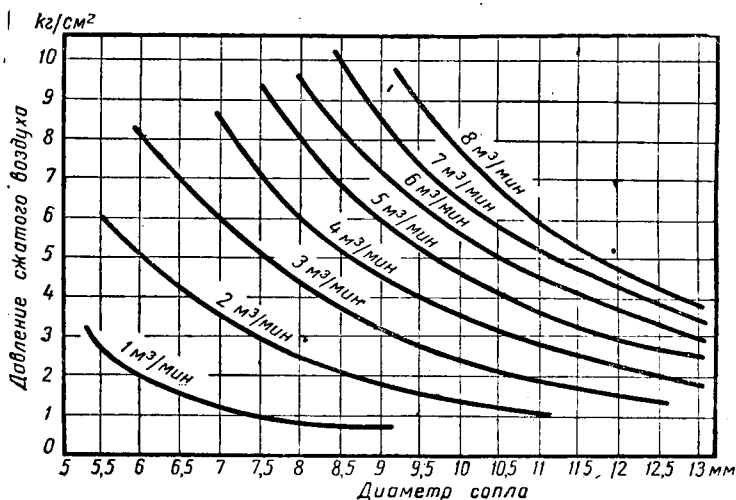
По этой причине изнашиваемые сопла необходимо заменять новыми, что требуется также для устранения возможности падения давления воздуха, а следовательно, и эффективности работы.



Фиг. 57. Расход воздуха при очистке стальным и речным песком: 1 — чистый сжатый воздух; 2 — речной песок; 3 — стальной песок.

движущегося с меньшей скоростью и тем самым замедляющего выход воздуха из сопла.

При работе аппарата нагнетательного типа и пользовании кварцевым песком количества расходуемого воздуха в зависимости от его давления и диаметра сопла могут быть установлены согласно диаграмме на фиг. 58.



Фиг. 58. Расход воздуха на пескоструение в зависимости от диаметра сопла и давления воздуха (Оргаметалл-Пневматика).

Следует заметить, что все приведённые замечания, касающиеся рекомендуемых режимов и эффективности пескоструйной очистки, являются весьма относительными, так как в практике невозможно учитывать большое число

факторов, влияющих на изменение качества пескоструйной подготовки: затупление острых граней и уменьшение величины абразивных частиц, уменьшение их живой силы вследствие быстрого срабатывания и увеличения диаметра сопла, потери давления от роста сопротивления при удлинении шлангов и т. п.

Требования к воздуху для пескоструйной очистки. При пользовании грязным и не очищенным от масла и влаги сжатым воздухом получить удовлетворительное качество пескоструйной подготовки поверхности невозможно даже при употреблении абразивов наилучшего качества, так как малейшие загрязнения металлизированной поверхности вызывают резкое ухудшение сцепления слоя с основанием.

По указанной причине пескоструйная обработка поверхности, предназначенной к металлизации, должна производиться только при помощи воздуха, подвергнутого тщательной очистке путём пропускания его через масловододетелитель (стр. 41).

Таким образом, для получения удовлетворительного качества пескоструйной подготовки поверхности необходимо:

- а) пользоваться только высококачественным абразивом;
- б) применять сжатый воздух, очищенный от масла и влаги, и внимательно следить за его чистотой;
- в) обработку поверхности производить при постоянном изменении угла падения и направления песочной струи;
- г) работу вести на повышенном давлении сжатого воздуха.

Подготовка поверхности механическим способом

Последовательность и назначение операций при подготовке к металлизации наружной поверхности тел вращения. В простейших случаях, когда металлизации подлежит наружная поверхность цилиндрического тела, требующая нанесения сплошной и нигде не разомкнутой металлической оболочки, подготовка детали производится на токарном станке по следующей схеме, показывающей порядок, характер и назначение операций:

Операция

Назначение

Выточка по концам подлежащего металлизации цилиндра кольцевых канавок под «ласточкин хвост»

Вывод торцевых окончаний металлизационного слоя в «замок».

Черновая обточка цилиндра по всей длине между кольцевыми канавками

Устранение неравномерностей выработки; уменьшение диаметра для обеспечения возможности нанесения покрытия с минимально допустимой толщиной слоя

Нанесение рваной резьбы по всей подвергаемой металлизации длине цилиндра между кольцевыми канавками

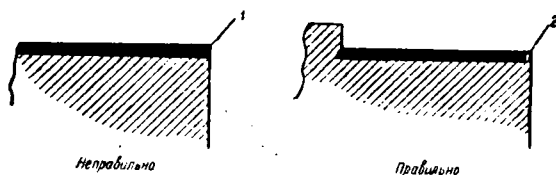
Придание поверхности шероховатости, требуемой для обеспечения сцепления наносимого металла с основанием

Примечание. Черновая обточка может выполняться в качестве первой операции с последующей выточкой канавок.

Выточка кольцевых замыкающих канавок. Выточка канавок имеет целью получение бортиков (образуемых после следующей операции, обточки), благодаря которым торцевые окончания наносимой металлизационной обложки помещаются в «замок».

Устройство последнего связано с необходимостью уменьшить возможность отслаивания покрытий, а также защитить хрупкие края металлизационного слоя от забоин, выкрошивания, откалывания и т. д.

Назначение образуемых бортиков поясняется фиг. 59.



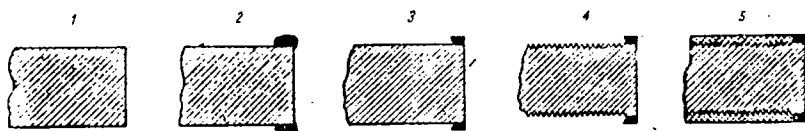
Фиг. 59. Защита торцов металлизационного слоя выточкой бортиков:

1—края металлизационного слоя не защищены от выкрошивания и забоин; 2—края слоя защищены бортиками.

Кроме того, при нанесении рваной резьбы выточенные канавки служат местом под выход резца.

При проточке канавкам желательно придать форму «ласточкина хвоста», что, однако, в практике не всегда соблюдается.

Размеры канавок существенного значения не имеют и обычно устанавливаются приблизительно; глубина канавок делается не менее, чем толщина наносимого слоя (с учётом глубины резьбы), ширина 1,5—2,0 мм и расстояние от краёв 1,5 до 2,5 мм в зависимости от диаметра детали.



Фиг. 60. Схема изготовления бортиков наваркой:

1—начальный вид; 2—наварка бортиков; 3—обточка; 4—нарезка шейки; 5—металлизация.

Проточка канавок производится с помощью отрезного резца с соответственной шириной лезвия в 1,5—2,0 мм.

Протачивание канавок и получение бортиков могут иметь место лишь в случае, когда износ детали невелик и для нанесения металлизационного слоя требуется проточка детали для уменьшения её диаметра.

Если деталь в проточке не нуждается и получение бортиков тем самым оказывается невозможным, их рекомендуется наварить, как это показано на фиг. 60.

Наплавка таких бортиков особенно необходима при нанесении покрытий значительной толщины.

В американской практике при невозможности наварки бортиков для получения замка пользуются иным способом подготовки, показанным на фиг. 61.

В этом случае может быть достигнуто лишь укрепление слоя на торцах цилиндрической детали, но не устраняется опасность выкрашивания и отслаивания слоя при неосторожном обращении.

Обточка шейки. Обточка шейки производится для устранения неравномерностей выработки (эллиптической формы, задигов, вмятин и т. п.), а также при малом износе детали для уменьшения её диаметра до таких размеров, при которых наносимому слою обеспечивается минимально допустимая толщина.

В первом случае — при устранении неравномерной выработки — глубина черновой обточки связана с размерами выработки и определяется необходимостью получения в результате обточки правильного цилиндра.

Во втором случае при малом износе детали даже при сохранении ею правильной цилиндрической формы глубина обточки должна допускать нанесение слоя толщиной не менее 0,5—0,8 мм на сторону, не считая припуска на последующую обработку.

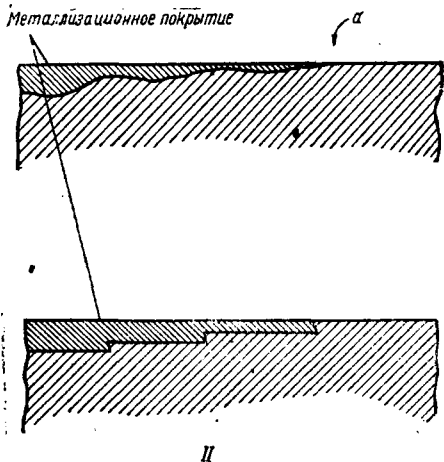
Толщина слоя в 0,5—0,8 мм в практике восстановления изношенных деталей является минимально допустимой толщиной покрытия, исходя из которой и определяют необходимую глубину обточки деталей, имеющих небольшую выработку.

Например при номинальном диаметре шейки в 70,0 мм для получения минимальной толщины слоя (0,75 мм на сторону) требуется, чтобы диаметр шейки был не более $70,0 - (0,75 \cdot 2) = 68,5$ мм.

В английской практике (27) минимальную толщину покрытия связывают с диаметром детали согласно табл. 27.

Таблица 27
Минимальная толщина слоя в зависимости от диаметра детали

Диаметр детали мм	Минимальная толщина слоя (на сторону) мм
25 и менее	0,2
от 25 до 50	0,40
» 50 » 75	0,50
» 75 » 100	0,60
» 100 » 125	0,75
» 125 » 150	0,9
» 150 и выше	1,0

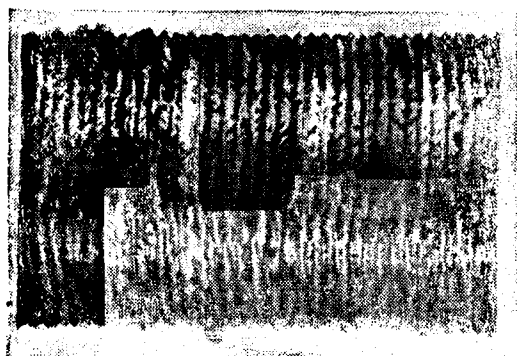


Фиг. 62. Покрытия при равномерной выработке шейки:

I — неправильно (при сведении слоя на-нет по границе α возможно образование задигов и отслаивание); II — правильно.

При пользовании ею глубина обточки определяется прибавлением к минимальной толщине слоя припуска на износ, устанавливаемого размером фактически ожидаемого в процессе эксплуатации детали износа покрытия.

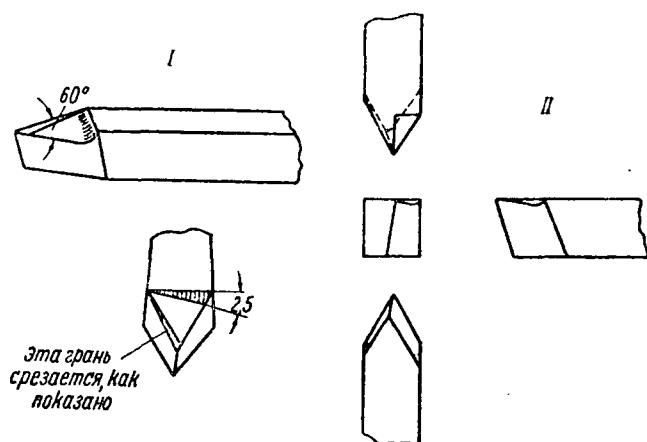
В практике часто встречается необходимость восстановления деталей, имеющих сильную, но неравномерную выработку. В таких случаях пользуются ступенчатой обточкой, как показано на фиг. 62, II.



Фиг. 63.

Сопряжение рабочей поверхности детали с металлизационным слоем, имеющим толщину, переходящую «на нет», не допускается, так как в таких случаях очень тонкие края металлизационного слоя в виде небольших лепестков отрываются и создают углубления, которые, заполняясь грязью и маслом, вызывают постепенное отслаивание краёв покрытия.

Нарезание рваной резьбы. Нарезание рваной резьбы является наилучшим из применяемых в отечественной практике способом придания поверхности цилиндрических деталей необходимой шероховатости, обеспечивающей прочную связь покрытия с основанием. Нарезание производится после выточки кольцевых канавок и обточки детали на том же станке. Рваная



Фиг. 64. Заточка резцов для получения рваной резьбы.

резьба наносится по всей подлежащей наращиванию поверхности между замыкающими канавками. При нарезании необходимо стремиться к получению резьбы с небольшим количеством мелких заусенцев по боковым сторонам и на вершине каждой из ниток, как это показано на фиг. 63.

Для обеспечения требуемого качества рваной резьбы прежде всего необходимо производить нарезку при малой скорости вращения шпинделя — не выше 30—40 об/мин.

При этом возможно пользоваться обычными V-образными резцами с углом заточки 50—60°. Такой резец для обеспечения рвущего эффекта должен иметь отрицательный угол уклона, а также не очень острую или даже слегка притуплённую заднюю кромку. Выемки для схода стружки у такого резца быть не должно (фиг. 64, I).

Однако наилучшие результаты даёт применение не обычных резцовых резцов, а резцов с несколько иной заточкой. Один из видов такой заточки показан на фиг. 64, II. Изображаемый резец снабжён выточкой, выступ которой вызывает дробление стружки с отворачиванием её налево, вместо заворачивания стружки направо, как обычно. Установка резца должна быть строго перпендикулярной к оси детали.

Независимо от способа заточки резец в резцедержателе закрепляется так, чтобы его конец был несколько смещён ниже центра обрабатываемой детали.

В зависимости от диаметра детали примерная величина смещения может быть определена по табл. 28.

Специальный резец для нарезания рваной резьбы должен обладать достаточной длиной, позволяющей закреплять его так, чтобы расстояние от конца резца до выхода его из-под резцедержателя было не менее 100—150 мм.

Вследствие такого крепления резца и его смещения относительно центра детали достигается небольшая вибрация резца, усиливающая эффект дробления стружки на поверхности с образованием мелких заусенцев на нитках нарезки.

Нарезание рекомендуется проводить так, чтобы гребни нарезки примерно на $\frac{1}{5}$ от общей глубины резьбы срезались.

Нарезание рваной резьбы производится за один проход на полную глубину, что является обязательным условием получения удовлетворительных результатов.

Операция нарезания, как и предыдущие переходы (протачивание канавок и черновая обточка), производится

всухую, без всякого охлаждения или смазки, применение которых совершенно недопустимо.

Рваная резьба обычно делается с шагом в пределах 1,2—0,8 мм (20—30 ниток на 1"); глубина резьбы при этом составляет 0,5—0,8 мм. Наиболее часто применяется шаг в 1,0 мм, который в зависимости от диаметра детали рекомендуется уменьшать или увеличивать согласно табл. 29.

Таблица 28

Смещение резца при нарезании рваной резьбы в зависимости от диаметра детали

Диаметр детали мм	Величина смещения мм
25—50	3—4
50—100	4—5
100—200	5—6
200—300	6—7

Таблица 29

Рекомендуемое число ниток на 1" при нарезании рваной резьбы

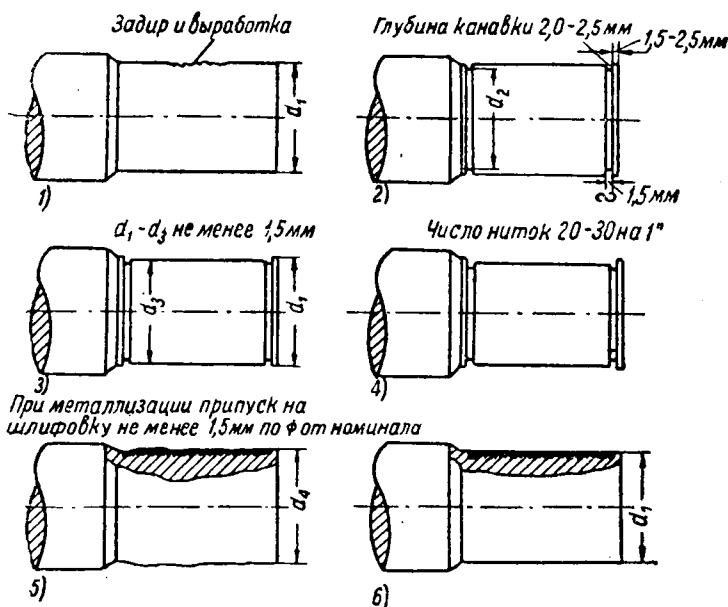
Диаметр детали мм	Количество ниток на 1" (приблизительно)
25	30
50—100	24
150	20
200	18

При нанесении рваной резьбы образуется значительное количество заусенцев, выступающих наружу, за пределы диаметра нарезаемого цилиндра. Такие заусенцы вредны, так как при металлизации могут вызвать излишние неровности слоя, а также необходимость в увеличении его толщины, поэтому они подлежат удалению.

Снятие заусенцев производится при вращении детали сбиванием их плоским тупоносым инструментом (типа шабера), устанавливаемым вместо резца так, чтобы происходило только сбивание заусенцев, но ни в коем случае не заглаживались вершины рваной резьбы.

Подготовленная описанным способом деталь считается готовой к нанесению металлизационного покрытия.

Схема подготовки к металлизации наружной поверхности простой цилиндрической шейки дана на фиг. 65.



Фиг. 65. Последовательность операций подготовки и металлизации шейки:

1 — начальный вид шейки; 2 — протачивание канавок; 3 — уменьшение d_1 до d_3 ; 4 — нарезка рваной резьбы; 5 — нанесение металла; 6 — шлифование.

Ни в какой дополнительной пескоструйной обработке поверхность рваной резьбы не пуждается, за исключением тех случаев, когда требуется удаление случайных загрязнений или освобождение нарезанной поверхности от окисной плёнки, образуемой при длительном нахождении детали на воздухе.

В иных случаях дополнительная пескоструйная обработка рваной резьбы не рекомендуется.

Необходимо отметить, что для получения рваной резьбы нужного качества требуется некоторый опыт. Поэтому токарю, которому впервые поручается подготовка ответственной детали, следует предварительно провести операцию нарезания рваной резьбы на пробной болванке.

..

Подготовка поверхности способом Metco. Американской фирмой Metallizing Engineering Co вместо нарезания рваной резьбы предложен несколько отличный способ подготовки поверхности тел вращения, который, судя по последним данным (30), (31), в настоящее время преимущественно применяется в США взамен способа нарезания рваной резьбы. По этому способу после проточки шейки на ней вместо рваной резьбы при помощи специально заточенного реза производится выточка ряда параллельных кольцевых канавок полукруглого сечения, расположенных на равном друг от друга расстоянии (фиг. 66).

Образуемые между канавками плоские вершины подвергаются накатке с помощью разработанного фирмой специального так называемого Metco-инструмента (типа X).

Metco-инструмент (фиг. 67) представляет собой накатной ролик (фрезу), смонтированный на закрытых, не нуждающихся в смазке шарикоподшипниках и снабжённых хвостовиком для крепления инструмента на станке.

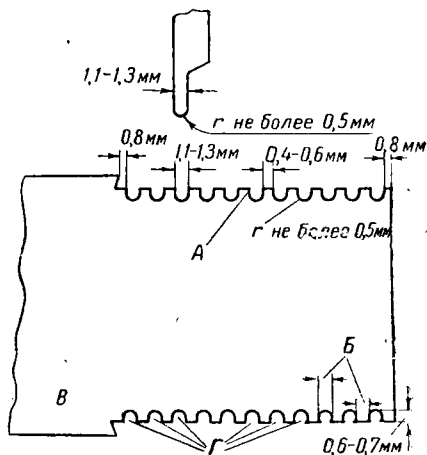
Помимо применения для накатки вершин между канавками, Metco-инструмент может применяться и как самостоятельное средство подготовки гладкой поверхности взамен пескоструйной обработки.

По данным фирмы подготовка поверхности по этому методу отличается следующими преимуществами:

- а) в сочетании с кольцевыми канавками метод Metco ведёт к образованию между вершинами каждого из витков своеобразных «ласточкиных хвостов», вызывающих увеличение прочности спечения;
- б) полукруглый профиль канавок устраняет острые углы, благодаря чему уменьшается ослабление механической прочности детали и опасность её изломов;
- в) при употреблении Metco-инструмента для подготовки поверхностей без вырезки канавок обеспечивается получение более высокой шероховатости, чем при обдувке стальной крошкой;
- г) Metco-инструмент прост, надёжен, экономичен в работе и позволяет работать на высоких скоростях резания от 60 до 90 м/мин и выше.

Внешний вид поверхности шейки, подготовленной по методу Metco, показан на фиг. 68. Описанный способ подготовки у нас до настоящего времени не применяется. Метод Metco, как заслуживающий внимания, должен быть рекомендован к опробованию.

Электрический способ подготовки поверхности. Из самых последних американских источников известно, что в отличие от общепринятых до сих пор механических способов подготовки поверхности



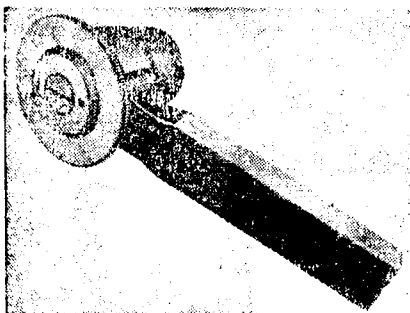
Фиг. 66. Подготовка шейки к металлизации по способу Metco. Число канавок (резьбовых витков) — для чугуна 14 на 1", для стали—15 на 1":

А — боковые стороны и вершины гребня должны быть прямыми; Б — после накатки ширина канавки и гребня должны быть равными; В — подрезка под углом не более 20°; Г — изменение направления струи распыляемого металла после каждого прохода.

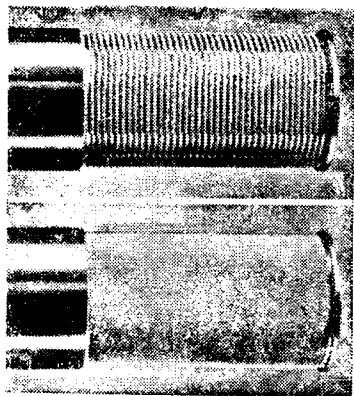
фирмой Metallizing Company of America разработан принципиально новый, электрический метод подготовки, осуществление которого производится с помощью выпущенного фирмой аппарата специального устройства (32).

Подробные данные о новом методе не публикуются и позволяют отметить лишь следующее (33).

Установка для подготовки поверхности электрическим способом состоит из трансформатора, питающего ток электроды, закрепляемые в специальное приспособление, наиболее существенной частью которого является охлаждаемый воздухом держатель электрода.



Фиг. 67. Metco-инструмент для подготовки поверхности накаткой.



Фиг. 68. Вид поверхности после подготовки по способу Metco.

В качестве электродов применяются обычные электроды для сварки или прутки и проволока из чистого никеля и его сплавов.

При соприкосновении электрода сготавливаемой поверхности происходит расплавление металла, в процессе которого, благодаря применению воздушного дутья, на поверхности образуется множество мелких пустот, неправильная форма которых придаёт поверхности очень развитую шероховатость.

Подготовка поверхности цилиндрических тел производится на станке со скоростью, близкой к скорости обычного нарезания.

Характер образуемой при этом шероховатости регулируется скоростью вращения детали, давлением применяемого для дутья воздуха (от 2 до 5 ат), а также условиями его пропускания.

Применяемая система охлаждения поддерживает электрод и поверхность изделия в холодном состоянии, устраняет возможность перегрева и коробления изделия, а также препятствует образованию на поверхности излишних шлаковых отложений и относит от оператора образуемые искры.

Согласно опубликованным данным новый метод подготовки совершенно безопасен, эффективен в работе и допускает обработку внутренних поверхностей небольших узлов, а также самых твёрдых поверхностей.

Поверхность, подготовленная описанным электрическим способом, ни в какой дополнительной обработке не нуждается и подвергается металлизации, как обычно.

По английским данным (33а) для электроподготовки поверхности вместе специального аппарата могут быть использованы или имеющиеся в гальва-

нических мастерских мотор-генераторы постоянного тока или сварочные трансформаторы переменного тока.

По своему характеру и внешнему виду подготовленная поверхность отличается в зависимости от применяемого тока: при постоянном токе на поверхности образуется сеть из большого числа мелких наплавленных капелек вокруг образованных дугой кратеров; при переменном токе образуется значительно меньшее количество кратеров с более крупными наплавленными каплями.

При пользовании постоянным током применяют ток в 100 а с напряжением в 6—10 в. В этом случае электродом служит пучок из 5—8 кусков стальной проволоки диаметром 2 мм, плотно скрепляемых сверху и несколько раздвинутых снизу. К электроду подводится ток от отрицательного полюса.

При переменном токе пользуются возможно более низким напряжением (желательно ниже 50—60 в) при силе тока от 50 а и выше. Электродом является пучок из 25—45 кусков стальной проволоки диаметром 1 мм, в который вставляется 5—10 кусков нихромовой проволоки того же диаметра.

Как в первом, так и во втором случаях подготовка осуществляется вручную путём быстрого перемещения плотно прижатого к поверхности проводящего пучка, закрепляемого в соответствующую державку.

Охлаждение электродов производится простым погружением в воду.

Чтобы не пропускать тока через подшипники станка, его подводка к детали осуществляется посредством угольной или медной щётки.

Описанный способ подготовки довольно медленный и позволяет обработать не более 0,25 м²/час, что, однако, относится к самым твёрдым поверхностям, подготовка которых к металлизации другими способами вообще невозможна.

Подготовка к металлизации внутренних (боковых) поверхностей тел вращения. При подготовке к металлизации внутренних поверхностей различных цилиндров, втулок и т. п. следует помнить о недопустимости нанесения на внутренние стенки покрытий толщиной больше 2—3 мм, вследствие чего необходимо:

а) при незначительной эксцентricности износа детали не производить черновой обточки для её устранения, а непосредственно приступать к производству нарезания;

б) при устранении неравномерностей выработки обточкой — назначать её глубину из расчёта минимально допустимой толщины слоя в 0,5 мм;

в) при восстановлении размеров отверстий, работающих на трение, производить рваную резку с целью уменьшить толщину слоя с шагом в 30—32 нитки на 1" и с наименьшей глубиной.

В остальном подготовка внутренних поверхностей производится в том же порядке, что и подготовка наружных поверхностей тел вращения.

Подготовка галтелей. При восстановлении криволинейных шеек коленчатых валов и аналогичных им деталей обычный способ подготовки, предусматривающий выточку по концам шейки, кольцевых канавок, для большинства случаев оказывается неприемлемым, вследствие вызываемого такой подрезкой ослабления прочности вала в наиболее опасном сечении.

В подобных случаях подготовку ведут следующим образом.

Если галтель не сработана и в наращивании не нуждается, нарезка делается без протачивания канавок, только по длине шейки между галтелями.

Если же галтели должны подвергаться металлизации вместе с шейками, нарезание на них рваной резьбы ведут так, чтобы с приближением резца к началу галтели за счёт медленного и равномерного отвода резца глубина резьбы нескольких последних витков постепенно уменьшалась и к моменту перехода на галтель представляла бы лишь небольшие бороздки. Подготовка самой галтели производится при выключенном самоходе путём нанесения на её поверхность вместо резьбы концентрических и неглубоких бороздок. Последняя из них при выходе за галтель делается более глубокой, чтобы окончание слоя при обработке не сводилось «на-нет».

Подготовка шпоночных канавок. Уменьшение размера шпоночных канавок или заделка имеющихся по краям канавок забоин с помощью металлизации, как правило, не производится вследствие хрупкости покрытий и возможности откалывания слоя при посадке шпонки.

Поэтому металлизация шеек со шпоночными канавками, требующими исправления, возможна лишь с применением сварки, согласно фиг. 69.

При металлизации шеек с канавками, не требующими ремонта, процессе подготовки канавки сводится к устранению возможности её заполнения распыляемым металлом, чтобы предотвратить необходимость в его последующем удалении.

С этой целью за границей для заполнения шпоночных канавок пользуются мелом или специальными мастиками, которые после металлизации и отделки шеек легко удаляются.

Известен также способ закрывания канавок шпонками, натёртыми графитом, препятствующим приставанию распыляемого металла, а также некоторые другие, мало проверенные и не применяемые у нас приёмы.

В нашей практике защита шпоночных канавок обычно производится забивкой деревянных шпонок. Высота шпонки делается такой, чтобы она примерно на 1 мм поднималась над окончательным размером шейки. При последующей обработке покрытия выступающая часть деревянной шпонки срезается вместе с приставшим к ней металлом, после чего её удаление не представляет затруднений.

Удаление деревянной шпонки должно производиться путём скользящего выталкивания без приподнимания шпонки вверх.

При таком способе часто не удаётся получить правильного и гладкого среза слоя у стенок канавки ввиду выкрашивания его при выколачивании деревянной шпонки. Указанный недостаток может быть устранён за счёт применения в качестве шпонки составной деревянной закладки, устройство которой поясняется фиг. 70.

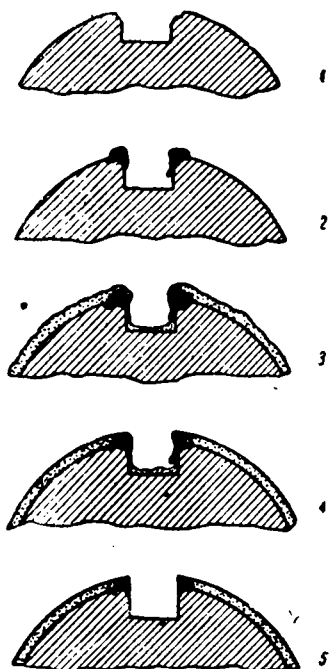
Если фрезеровка шпоночной канавки не представляет затруднений, металлизацию шеек следует производить без всякой защиты канавок с последующей их фрезеровкой для удаления приставшего металла.

Подготовка смазочных канавок. При назначении способа подготовки смазочных канавок необходимо руководствоваться основным соображением: нежелательностью последующего прорезания металлизационного слоя по всей толщине, особенно канавками, расположенными в осевом направлении (фиг. 71).

Из этих соображений поступают следующим образом. Если канавки глубоки и в результате обточки и нарезки нацело не удаляются, их сначала тщательно обрабатывают песком и лишь после этого подвергают обточке и нарезке. Перед обдувкой песком, чтобы обеспечить сохранение металлизационного слоя

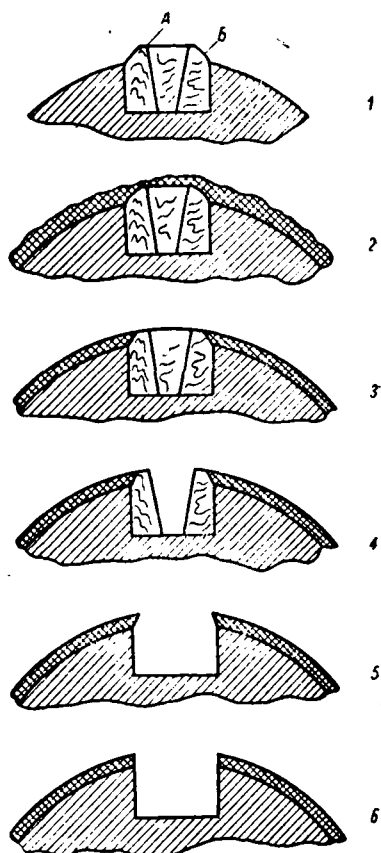
от прорезания по всей толщине, бывает необходимо несколько увеличить размеры канавок.

Чтобы после металлизации вырезка канавок была произведена точно по старому месту, необходимо с самого начала изготовить из картона или жести шаблон с прорезями, точно фиксирующий положение и направление канавок.



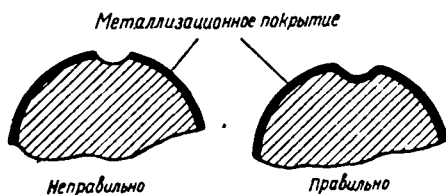
Фиг. 69. Наварка шпоночных канавок перед металлизацией:

1—начальный вид; 2—наварка; 3—металлизация; 4—обточка; 5—окончательная отделка.



Фиг. 70. Составная закладка для шпоночных канавок:

А—поверхность ложной шпонки натирается графитом; Б—границы срезаются как показано; 1—ложная шпонка (составная); 2—металлизация; 3—обточка; 4—удаление среднего клина; 5—удаление боковых вставок; 6—отделка боковой поверхности.



Фиг. 71. Подготовка смазочных канавок.

Если канавки неглубоки и полностью удаляются при обточке, то в таких случаях при малой толщине покрытия поступают аналогично с предыдущим: производят предварительное углубление канавки и перед обточкой и нарезкой шейки обрабатывают их песком. Если же толщина металлизационного слоя больше глубины канавок, то они после металлизации изготавливаются заново. Во всех случаях острые края канавок должны быть зашлифованы и закруглены.

Подготовка масляных и других отверстий. Отверстия под шпильки для выхода масла и т. п. обычно закрываются деревянными пробками, выступающими из отверстия на длину, равную толщине слоя, включая припуск на обработку. В результате обработки покрытия и срезания вершины пробки её дальнейшее удаление путём высверливания никакого труда не представляет. Выбивание пробки ни в коем случае не допускается.

Для получения при рассверловке правильного и гладкого отверстия самая пробка должна иметь правильную цилиндрическую форму с диаметром выступающей части на 0,3—0,5 мм меньше диаметра отверстия. При высверливании пробок необходимо учесть возможность засаривания масляных канавок стружкой и принять соответственные меры к недопущению таких засоров.

3. Нанесение металлизационного покрытия

Предохранение подготовленной детали от загрязнения и окисления

Деталь, подготовленная к металлизации, должна самым тщательным образом оберегаться от каких бы то ни было загрязнений. С этой целью, а также для устранения окисления свежеработанного металла операция нанесения покрытия должна следовать немедленно после окончания подготовки поверхности. При невозможности соблюдения указанного условия необходимо стремиться организовать работу так, чтобы разрыв между этими операциями был сведён до минимума и не превышал 2—3 час., в особенности в сырую погоду.

Всякое прикосновение руками к подготовленной поверхности совершенно недопустимо.

При невозможности производить металлизацию немедленно вслед за подготовкой поверхности, а также при транспортировке деталей из одного цеха в другой, подготовленные к металлизации места во избежание загрязнения пылью необходимо плотно обвязывать чистой бумагой или картоном.

В тех случаях, когда подготовка поверхности и её металлизация производятся в разных помещениях с разной температурой, необходимо следить за тем, чтобы поступающие на металлизацию детали имели температуру не ниже окружающего воздуха. В противном случае вследствие конденсации на холодной детали паров воздуха нельзя избежать увлажнения (отпотевания) подготовленной поверхности, делающей её металлизацию впредь до высыхания влаги невозможной.

При случайных загрязнениях, а также длительном оставлении подготовленной детали на воздухе подлежащая металлизации поверхность перед нанесением покрытия подлежит лёгкой дополнительной пескоструйной очистке.

Защита мест, не подлежащих металлизации

Перед нанесением покрытия места, расположенные рядом с подготовленной поверхностью, но не подлежащие металлизации (например прилегающие шейки, резьба и т. д.), бывает необходимо защитить от прилипания к ним распыляемого металла. В этих случаях соответственные места укрываются обвёртыванием тонкой жёстью, фольгой, бумагой или картоном, благодаря чему удаление металла с прилежащих поверхностей намного упрощается. При работах с однородными деталями рекомендуется пользоваться заранее заготовленными

металлическими накладками или специальными шаблонами, имеющими возможно более гладкую поверхность (лучше всего хромированную), на которой возможность прилипания распыляемого металла совершенно исключается.

Металлизация в кабине

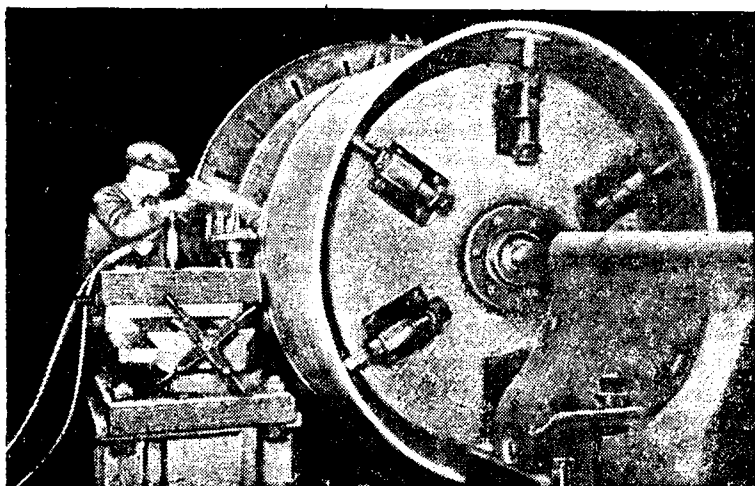
В условиях стационарной мастерской нанесение покрытий на детали, не могущие быть установленными на токарный станок, осуществляется в кабине, служащей для помещения детали и удаления образующей пыли.

При работе в кабине металлизация ведётся вручную перемещением металлизационного пистолета относительно неподвижной детали. В этом случае как положение металлизационного пистолета в работе, так и равномерность наносимого покрытия всецело зависят от опыта оператора.

Металлизация на токарном станке

Металлизация тел вращения производится на токарном станке, оборудованном вытяжным устройством для отсасывания образующейся металлической пыли.

Покрытие наносится при вращении детали, закрепляемой между центрами станка. Металлизационный пистолет (или несколько пистолетов сразу), а так-



Фиг. 72. Металлизация крупного изделия.

же катушки с проволокой помещаются на специальном приспособлении, укрепляемом на суппорте станка, при помощи которого осуществляется необходимое перемещение пистолета относительно металлизированной детали.

Положение металлизационного пистолета в работе

При металлизации на станке при помощи укрепляемого в суппорте приспособления рекомендуется придать металлизационному пистолету такое положение, при котором ось конуса распыла была бы несколько выше центра детали.

В некоторых случаях работа производится вручную (фиг. 72).

В горизонтальном направлении пистолет помещается под некоторым углом к детали, при котором распыляемый металл падает на одну из боковых сторон нарезки под углом, близким к прямому, как это показано на фиг. 66.

После того как пистолет закончит проход вдоль всей длины шейки в одном направлении, супорту сообщается обратное направление с одновременным поворачиванием пистолета так, чтобы струя под тем же самым углом падала на противоположную сторону резьбового витка.

Такое чередование направления струи распыляемого металла продолжается лишь в течение нескольких первых проходов, пока обе стороны резьбы и их вершины не укроются первым слоем металла, после чего аппарат устанавливается перпендикулярно к оси детали.

Соблюдение указанных условий возможно лишь при металлизации длинных и достаточно открытых шеек и в других случаях необязательно. В частности при металлизации шеек, имеющих заплечики, борта или щёки, согласно американским указаниям, соблюдается иной порядок работы: сначала рекомендуется производить напыление со стороны щеки и лишь после этого металлизировать остальную часть шейки. При металлизации кривошипных шеек больших коленчатых валов в первую очередь напылению подвергаются галтели, металлизированные по очереди.

Металлизация с помощью электропистолетов кривошипных шеек небольших размеров часто вообще оказывается невозможной без устройства специальных удлинительных трубок, позволяющих установку аппарата на требуемом расстоянии.

Число оборотов детали

В литературе имеются самые разнообразные указания о скорости вращения деталей при металлизации (34, 35, 36, 37)), показывающие, что твердо установленной по данному вопросу точки зрения нет.

Обычно число оборотов детали связывается с диаметром детали таким образом, что окружная скорость во всех случаях в среднем составляет примерно 10—15 м/мин. Например в одном из источников металлизацию тел вращения рекомендуется вести при числе оборотов, указанном в табл. 30.

Таблица 30
Число оборотов шпинделя при металлизации тел вращения в зависимости от диаметра детали

Диаметр металлизуемой детали мм	Число об/мин шпинделя
10—30	160
30—60	80
60—100	60
100—200	30
200—300	15

Как показывает практика, скорость вращения детали на результаты металлизации заметного влияния не оказывает, поэтому может назначаться произвольно, в пределах обычно применяемых при обработке металла скоростей резания.

Скорость продольного перемещения пистолета (подача)

Встречаемые в отдельных источниках данные о скоростях подачи ни одним из авторов не обоснованы и позволяют считать их чисто случайными.

На практике скорость продольного перемещения пистолета устанавливается

на основе единственной предпосылки — недопустимости нагревать деталь свыше $70-80^{\circ}$. Из этих соображений металлизация деталей с небольшим диаметром обычно ведётся на больших скоростях подачи, в то время как металлизация деталей с большим диаметром может вестись и при малой подаче. В соответствии с этим одним из источников рекомендуется пользоваться скоростями подачи согласно табл. 31.

Таблица 31
Скорость перемещения пистолета при металлизации тел вращения

Диаметр детали мм	Скорость продольного перемещения пистолета	
	мм/об вала	см/мин
10—30	2,5	40
30—100	1,7	10—15
100—300	1.2	2—4

При металлизации коленчатых валов, шеек с фланцами и других мест, образующих углы, таковые должны металлизироваться в первую очередь и на большую толщину, чем остальная часть поверхности. При этом нанесение металла на последнюю делается частыми и быстрыми проходами, что необходимо для устранения возможности откладывания на ней металлической пыли, могущей вызвать ухудшение связи (38).

Охлаждение покрытий при их нанесении

При длительной и непрерывной металлизации небольших деталей возможно их достаточно высокое разогревание. Такой перегрев вызывает в слое при его охлаждении повышенные напряжения, могущие вызывать трещины при наружных покрытиях тел вращения или отслаивание при покрытиях на внутренних стенках цилиндров.

По указанным причинам нагревание покрытий свыше $70-80^{\circ}$ считается недопустимым, что требует наблюдения за температурой детали в течение всего времени её металлизации.

В практике при контроле за температурой пользуются пробой покрытия тыльной частью руки, — считая, что терпимость её к горячему лежит в пределах допустимого нагрева.

В случае перегрева покрытий процесс металлизации необходимо прерывать и возобновлять работу лишь после охлаждения детали.

Во избежание перерывов в работе во многих случаях целесообразно пользоваться искусственным охлаждением покрытия, производимым непосредственно в процессе его нанесения. С этой целью со стороны, противоположной направлению струи из пистолета, на деталь направляется струя сжатого воздуха, поступающая из масловодоотделителя посредством закрепляемой на супорте небольшой трубки со шпелевидным концом.

При наращивании небольших деталей на большую толщину устройство такого охлаждения в большинстве случаев совершенно необходимо.

Толщина слоя

На наружные поверхности тел вращения могут наноситься покрытия любой необходимой толщины без всякого ухудшения прочности сцепления.

В тех случаях, когда металлизации подвергаются плоскости, а также внутренние стенки цилиндров, толстые покрытия наноситься не могут вследствие возможности их отслаивания под действием возникающих в слое напряжений (стр. 31).

По этой причине в последних случаях предельной толщиной покрытий считают:

для тугонплавких металлов	1,0—1,5 мм
» легкоплавких »	2,5—3,0 мм

При металлизации вручную получение совершенно равномерных и точно отвечающих заданной толщине покрытий весьма затруднительно и сильно зависит от опытности оператора; при достаточной его квалификации в обычных производственных условиях точность лежит в пределах $\pm 10\text{--}20\%$.

Приблизительное суждение о толщине покрытий, получаемых при металлизации вручную, можно получить на основании подсчёта числа проходов, исходя из того, что при средней скорости перемещения пистолета толщина покрытия за один проход ориентировочно составляет (39):

для олова, свинца, кадмия	0,075
» цинка	0,05
» бронзы, меди	0,037
» стали, мопель-металла	0,03—0,025

Покрытия, наносимые при металлизации тел вращения на станках, отличаются гораздо более высокой равномерностью, чем при металлизации вручную.

При металлизации на станках толщина наращиваемого за каждый проход слоя сильно зависит от диаметра детали и скорости продольного перемещения пистолета.

Например при металлизации деталей диаметром 30—100 мм и скорости подачи 1,0—1,5 мм/об толщина стального покрытия, наносимого электрическим пистолетом ЛК-2 за один проход, обычно лежит в пределах от 0,08 до 0,15 мм.

При нанесении за один проход покрытий небольшой толщины требуется частое переключение подачи, почему при отсутствии опасности перегреть деталь удобнее пользоваться нанесением за каждый проход более толстых покрытий.

Припуск на обработку

Для устранения свойственной металлизационному слою негладкости и получения требуемых окончательных размеров восстановленных деталей, нанесённые на них металлизационные покрытия подлежат последующей механической обработке, что обязывает при нанесении слоя и установлении его толщины предусматривать соответственный «припуск на обработку».

Согласно имеющимся данным практики при нанесении покрытий рекомендуется обеспечивать следующие припуски на обработку:

на токарную обточку .	0,5—0,75 мм на сторону
на заключительное шлифование (после то- карной обточки)	0,15—0,20 мм

В тех случаях, когда вследствие высокой твёрдости покрытий их обработка возможна только шлифованием, припуск на обработку должен составлять примерно 0,3—0,4 мм на сторону.

В одном из американских источников (27) рекомендуется пользоваться следующими припусками на шлифование (табл. 32).

Приводимые припуски представляют собой средние значения и могут быть несколько уменьшены или увеличены в зависимости от степени равномерности покрытий.

При восстановлении отдельных и важных деталей уменьшение указанных припусков не рекомендуется, так как в противном случае при обработке возможно оставление невыведенных чернот, удаление которых с помощью повторной металлизации не всегда возможно.

Таблица 32

Припуск на шлифовку металлизационных покрытий, без предварительной обточки

Определение окончательной толщины покрытия

Если начальный диаметр восстанавливаемой детали в процессе подготовки к металлизации, кроме нарезания, подвергался обточке, то окончательная толщина наращиваемого покрытия a должна составлять не менее

$$a = a_1 + a_2 + a_3 \text{ мм,}$$

Диаметр вала мм	Припуск на сторону мм
25	0,35
50	0,42
75	0,50
100	0,57
125	0,65
150 и выше	0,72

где a_1 — минимально допустимая толщина слоя, равная 0,5—0,8 мм на сторону (считая от вершины резьбы);

a_2 — припуск на токарную обработку, равный 0,5—0,75 мм на сторону;

a_3 — припуск на заключительную шлифовку, равный 1,15—0,20 мм.

Таким образом, покрытия, подлежащие только токарной обработке без шлифовки, должны быть не менее 1,2—1,7 мм толщиной.

В тех случаях, когда износ детали на сторону превышает минимально допустимую толщину покрытия, окончательная толщина слоя определяется из размеров номинального и фактического диаметров детали:

$$a = \left(\frac{D_{\text{ном}} - D_{\text{нач}}}{2} \right) + a_2 + a_3,$$

где a_2 — толщина слоя в мм;

$D_{\text{ном}}$ — требуемый номинальный диаметр детали в мм (после окончательной механической обработки покрытия);

$D_{\text{нач}}$ — начальный диаметр детали в мм в подготовленном к металлизации виде (считая от вершины резьбы);

$a_2 + a_3$ — припуск на механическую обработку в мм.

Машинное время на металлизацию

Основное (машинное) время на металлизацию тел вращения может быть определено по формуле (40):

$$T_0 = \frac{60 \pi \cdot D_{\text{нач}} l \cdot a \cdot \gamma}{10 \cdot 1000 \cdot Q \cdot k} = 0,006 \frac{\pi \cdot D_{\text{нач}} l \cdot a \cdot \gamma}{Q \cdot k} \text{ мин.,}$$

где $D_{\text{нач}}$ — начальный диаметр детали в см (считая от вершины резьбы);
 l — длина наращиваемого участка (включая перебор) в см;

a — полная толщина слоя;

γ — удельный вес напылённого металла (см. табл. 4);

k — коэффициент полезного использования металла (см. табл. 16, 17, 18).

Если число проходов, необходимое для получения покрытия заданной толщины, известно, то машинное время на металлизацию может быть подсчитано по формуле:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot s} i \text{ мин.}$$

где L — расчётный размер в мм;

n — число оборотов детали;

s — подача аппарата в мм;

i — число проходов.

Следует отметить, что, пользуясь приведёнными формулами, можно получить лишь весьма приближённые значения машинного времени, так как оно в практике зависит от большого числа не учитываемых формулами факторов (размеров и конфигурации детали, колебаний в режиме работы пистолета, состояния поверхности и т. д.).

Поэтому нормирование машинного времени на металлизацию может быть произведено лишь путём хронометража, но не с помощью формул, более или менее аналогичным формулам, применяемым при станочных работах

Проволока для металлизации

Для электрометаллизации могут быть использованы практически любые сорта цельнотянутой металлической проволоки диаметром 1,0—1,5 мм. При работе на цинке и свинце возможно использование проволоки диаметром 2,0 мм, но не выше (новейшие американские аппараты газового типа позволяют применение прутков и палочек диаметром до 5 мм).

Проволока, применяемая для металлизации, должна удовлетворять следующим требованиям:

а) диаметр проволоки по всей её длине должен быть одинаков в пределах допусков, предусмотренных ОСТ;

б) проволока должна быть гладкой, без перегибов, узлов и вмятостей, могущих затруднить равномерность её подачи;

в) поверхность проволоки должна быть свободной от ржавчины, а также загрязнений, особенно масляных;

г) проволока должна быть возможно более мягкой и не упругой.

Жёсткая и упругая проволока требует обязательного отжига, который, в целях предохранения её от образования окалины, следует производить в печах без доступа воздуха или в пакетах.

Отжиг стальной проволоки производится при нагреве до 800—850° с последующим медленным охлаждением вместе с печью.

Для смягчения жёсткой проволоки из меди и медных сплавов требуется нагрев до 550—600° и быстрое погружение в воду.

Цинковая проволока после пребывания на холоду приобретает большую хрупкость и способность к изламыванию даже при небольших изгибах. Возвращение цинковой проволоки нормальной эластичности может быть достигнуто длительным её отогреванием при температуре 50—70° (температура рекристаллизации цинка 20°).

Находящаяся на поверхности проволоки окалина или ржавчина подде-

жит обязательному удалению протягиванием проволоки через ролики (см. приспособление на фиг. 46) или с помощью пескоструйной очистки, осуществляемой мелким песком и при низком давлении воздуха. Последний способ делает проволоку шероховатой, вследствие чего при работе на пей имеет место повышенный износ проволоочных носков пистолетов.

Сильно окисленная поверхность проволоки из цветных металлов часто делает работу на электропистолете совершенно невозможной.

Если мягкость проволоки (например свинцовой) делает невозможной пескоструйную очистку, то удаление окисной плёнки производят с помощью травления.

Вопросы выбора проволоки для металлизации, как и влияние различных её составляющих на свойства покрытий, до настоящего времени почти совершенно не изучены.

Никаких специальных сортов проволоки для металлизации в СССР не изготавливается (за исключением одного сорта цинковой проволоки — СТ/ГЦМО-25/2913), почему для восстановления износа используются обычные торговые сорта медной, бронзовой, латунной и стальной проволоки.

При наращивании стальных деталей обычно пользуются проволокой из простой углеродистой стали, которая в зависимости от содержания в ней углерода (см. табл. 8 и 9) даёт покрытия различной твёрдости и с различной степенью удобообрабатываемости.

В связи с этим при исправлении деталей, предназначенных под запрессовку, употребляют низкоуглеродистую сталь (0,1—0,2% углерода), дающую легкообрабатываемые покрытия; большинство деталей, работающих на трение, восстанавливается среднеуглеродистой сталью (0,4—0,6% углерода); в тех же случаях, когда требуется получить особо твёрдые покрытия, применяют сталь с содержанием углерода до 1,0—1,2%.

Обработка таких покрытий даже с помощью резцов с победитовыми пластинами весьма затруднительна и может производиться только с помощью шлифования.

Применение вместо простой углеродистой стали легированных сталей, как это показывает практика, не имеет никакого смысла, так как никакого заметного улучшения механических свойств покрытий при этом не достигается.

В тех случаях, когда требуется получить стойкие в отношении износа покрытия в сочетании с коррозионной стойкостью, пользуются различными марками нержавеющей стали, у которых, однако, в результате распыления нержавеющие свойства в значительной мере снижаются.

Следует отметить, что за границей выпускаются многочисленные сорта проволоки, предназначенные специально для металлизации в различных целях.

Например в США для восстановления изношенных деталей выпускается высокоуглеродистая хромистая сталь (так называемая «тефтоновская»), обладающая способностью твердеть со временем, вследствие чего покрытия из этой стали могут обрабатываться резком лишь в течение нескольких часов после нанесения слоя; в дальнейшем обработка слоя может быть произведена лишь шлифованием.

Там же выпускается проволока из монель-металла для наращивания деталей, подвергаемых одновременно износу и воздействию коррозионных агентов.

Известны также различные сорта баббитовой проволоки (для металлизации подшипников вместо заливки), специальная проволока из свинцовой и фосфористой бронзы, разные сорта проволоки из нержавеющей стали и др.

Изготавливаемые за границей специальные сорта проволоки для распыления позволяют получать покрытия со специальными свойствами, подобно тому как это имеет место при употреблении различных электродов при сварке (41).

Благодаря этому в США, например, в последние годы весьма сильно возросла роль покрытий из нержавеющей стали, которые используются не только при ремонте изношенных деталей, но и при изготовлении различных новых изделий.

4. Механическая обработка металлизационных покрытий

Восстанавливаемые детали после нанесения на них металлизационного покрытия для получения требуемых размеров и гладкой поверхности нуждаются в последующей механической обработке.

Принято считать, что правильно нанесённый металлизационный слой сцеплен с поверхностью достаточно прочно, чтобы его можно было подвергать обработке так же, как и обычные металлы. Указанное положение является условным, так как особенности свойств покрытий вызывают необходимость в соответственно отличающихся приёмах обработки.

Слесарная обработка

Слесарная обработка является преимущественно вспомогательным средством, которым пользуются, например, в случаях рассверловки и раззенковки масляных и других отверстий, обрубки излишков металла, напылённого на незащищённые места поверхности, опиловки и шпайровки отдельных подгоняемых деталей и т. д.

При проведении любой слесарной операции необходимо помнить, что покрытия связаны с основным металлом только за счёт механического сцепления, которое не позволяет подвергать их большим ударным и различного рода динамическим нагрузкам.

Из этих соображений все слесарные операции следует проводить весьма осторожно и только с помощью острых и хорошо заточенных зубил, свёрл и других инструментов.

Особая тщательность требуется при работах по обрубке покрытий. Твёрдые стальные покрытия обработке зубилом не поддаются, а мягкие покрытия из стали и цветных металлов вследствие их хрупкости при обрубке отделяются отдельными кусками, без образования стружки.

При обработке покрытий зубилом необходимо:

- 1) всякое покрытие обрабатывать в направлении от середины к краям, но не вести обрубку от краёв к центру;
- 2) пользоваться зубилом, имеющим угол заточки более острый, чем обычно;
- 3) снимать возможно более тонкую стружку;
- 4) не наносить сильных ударов.

Токарная обработка

Токарная обработка покрытий из цинка, алюминия, меди, бронзы, латуни, а также низкоуглеродистой стали (с содержанием углерода до 0,2%) не вызывает никаких затруднений.

Однако вследствие механического сцепления слоя и его хрупкости, при обточке покрытий, как и при других видах обработки, необходимо соблюдение

некоторых мер предосторожности. В этом смысле наиболее важной является начальная стадия обработки, при проведении которой следует:

1) обеспечить возможно более точную установку детали в центрах;
2) во избежание выкрашивания покрытий первые проходы реза производят с минимальной глубиной резания и на режимах резания, несколько смягчённых относительно обычно принятых;

3) работу по обточке начинать с осторожного удаления металла, напылённого по краям шейки.

Как только резец подойдёт к телу изделия и наплыв, лежащий на неподготовленной поверхности, окажется удалённым, начинают обточку остальной части металлизационного покрытия.

При отсутствии проверенных режимов и опыта обработки металлизационных покрытий после первых проходов и устранения грубой неровности слоя чистовую обточку стальных покрытий рекомендуется производить при следующем режиме, приведённом в табл. 33.

Приведённый в табл.

33 режим является как бы средним для различных покрытий из простых углеродистых сталей и предусматривает проведение обточки резами из быстрорежущей стали в условиях, при которых возможность получения брака сводится до минимума. Поэтому данные режимы должны рассматриваться не как «предельные», а как рекомендуемые для обработки отдельных деталей, опыт восстановления которых ещё отсутствует.

Обычно после приобретения опыта обработки металлизационных покрытий обточку ведут на нормальных или близких к ним режимах.

В частности, на основании производственного опыта по восстановлению автодеталей МАРЗ-2 рекомендует следующий режим обточки:

Таблица 34

Режим токарной обточки металлизационных покрытий из стали с применением резцов с победитовыми пластинами (2-й МАРЗ)

Способ подготовки поверхности	Скорость резания м/мин	Подача мм/об	Глубина резания мм
Нескоструйная обработка	15—25	0,2—0,3	0,2—0,4
Нарезание рваной резьбы	15—30	0,3—0,4	0,3—0,6

Необходимо отметить, что при обработке стальных покрытий даже невысокой твёрдости наблюдается значительно более быстрое затупление и износ резцов, чем обычно (в этом смысле покрытия, состоящие из зёрен с различ-

ной твёрдостью, в том числе и очень высокой, уподобляются точильному камню).

Например при обточке покрытий из среднеуглеродистой стали (0,4—0,6% углерода) без смазки и охлаждения, даже резцы с победитом требуют переточки через каждые 8—15 мин. работы. При обточке стальных покрытий несколько первых проходов рекомендуется производить с помощью круглоносых резцов, подобных резцам для чугуна, поведение которого в обработке очень сходно с поведением металлizationных покрытий. Дальнейшая чистовая обработка осуществляется нормальными резцами.

Обработка покрытий из высокоуглеродистой стали возможна только с помощью шлифования.

Обточка покрытий из мягких металлов производится на обычных для них режимах. В частности при обработке цинковых и алюминиевых покрытий скорость резания можно доводить до 60—70 м/мин; глубину резания — до 1,0—1,5 мм и подачу до 1,0 мм/об.

Во всех случаях обработки металлizationных покрытий смазка и охлаждение могут применяться как обычно.

Вследствие того, что металлizationным покрытиям свойственна хрупкость, при обработке покрытий во всех случаях, когда это возможно, необходимо не оставлять у слоя острых граней и углов, особенно подверженных ударам и выкрошиванию, а снабжать их фасками путём обточки соответственных острых углов и граней приблизительно под углом в 45°.

Если металлизированная деталь предназначена для работы в условиях трения, то чисто обработанную поверхность металлizationного слоя перед чуском детали в эксплуатацию следует пропитать маслом, что делается погружением на несколько часов восстановленных мест в нагретое до 70—100° масло.

Ш л и ф о в а н и е

Шлифование металлizationных покрытий может применяться или как самостоятельный способ обработки, или как средство доводки размеров восстановленных мест после токарной обточки.

Обработке одним шлифованием, как правило, подвергаются только покрытия из высокоуглеродистых сталей, т. е. когда токарная обточка оказывается вообще невозможной. В тех же случаях, когда твёрдость покрытий токарной обточке не препятствует, применение одной шлифовки может быть целесообразно лишь в отдельных случаях.

Из практики известно, что процесс шлифования металлizationных покрытий сопровождается серьёзным неудобством, заключающимся в быстром «засаливании» камней, замедляющем процесс шлифования и вызывающем необходимость в частой алмазной правке камней.

Из этих соображений покрытия, по твёрдости допускающие токарную обточку, бывает выгоднее сначала обточить и лишь после этого подвергать шлифованию.

Удовлетворительные результаты шлифования можно получить, пользуясь режимом, указанным в табл. 35.

Весьма важен правильный выбор шлифовального камня. Для обработки металлizationных покрытий могут применяться только крупнозернистые камни (46—48) на мягкой основе. Хорошие результаты даёт работа на алундовых камнях завода Ильича с зерном 46—48. Практика показывает, что

Таблица 35

Режим шлифования стальных металлизационных покрытий

Э л е м е н т	Режим резания	
	по данным Оргаметалла	по данным Нортонов- ской лабо- ратории
Скорость резания, м/сек	25—30	30,5
Подача, мм/об	5—10	16,0
Глубина резания, мм	0,015—0,03	—
Скорость вращения детали, м/мин . .	10—20	40,0

при применении камней СМ шлифование протекает легче и даёт более чистую обработку, чем при пользовании таким же камнем СТ.

В США для шлифования металлизационных покрытий существуют специальные сорта камней, из которых наиболее известны следующие (по нортоновской системе обозначений):

для обработки углеродистой стали алунд 46-15В
 » » нержавеющей » кристаллон 3846-K5B
 » » высокохромистой » кристаллон 3746-M

В нашей практике применяется только мокрое шлифование с применением обычных охлаждающих жидкостей. Однако из последних данных следует, что в Америке для окончательной доводки размеров металлизационных покрытий применяют также и сухое шлифование специальными камнями, после которого рекомендуется «хонингование».

Фрезерование

Для обработки металлизационных покрытий фрезерование применяется весьма редко. Наиболее часто фрезерование используется при обработке шпоночных канавок. При правильно выполненном фрезеровании открытые со стороны канавки края слоя получаются настолько чистыми, что никакой последующей обработки их не требуется.

В начальной стадии обработки покрытий фрезерованием требуется соблюдение тех же правил, что и при токарной обработке. Кроме того, во всех случаях необходимо, чтобы вращение фрезы было направлено таким образом, чтобы она прижимала металлизационный слой к телу изделия, а не отрывала его от основания.

При несоблюдении этого правила возможны отколы и даже частичное отслаивание покрытий.

Контроль, приёмка и испытание восстановленных деталей

Соответствие размеров, прочность и чистота обработки восстановленных и окончательно обработанных деталей, а также их пригодность к эксплуатации

устанавливаются согласно общим для данных деталей правилам контроля и приёмки.

Никаких специальных условий, а также методов контроля в отношении деталей, восстановленных способом металлизации, не производится, если не считать наружного осмотра, имеющего целью установить отсутствие признаков отслаивания покрытия, могущих появиться в процессе механической его обработки.

При этом принято считать, что если металлизационный слой вынес на себе усилия, испытываемые при механической обработке, то он тем более пригоден для работы в эксплуатации, в условиях которой нанесённое покрытие столь сосредоточенных нагрузок обычно не несёт.

Следует также отметить, что более низкая, чем требуется для данной детали, твёрдость покрытий, работающих на трение, не является признаком браковки, так как износоустойчивость металлизационных покрытий в среднем в 2—3 раза выше обычного металла.

5. Отдельные случаи применения металлизации в ремонте

Восстановление поршней

При решении вопроса о возможности восстановления изношенных поршней следует иметь в виду некоторые обстоятельства, без учёта которых могут быть допущены серьёзные ошибки:

1. Как правило, с помощью металлизации можно наращивать только юбки поршня. Поверхность поясков между кольцевыми канавками может быть металлизирована лишь в отдельных случаях и у больших поршней, у которых ширина поясков составляет не менее 8—10 мм. Размеры канавок для поршневых (и масляных) колец путём металлизации вообще восстанавливаться не могут.

2. Ввиду того, что металлизационные покрытия обладают в 2—3 раза более высокой износоустойчивостью, чем обычные металлы, правильный выбор проволоки для распыления имеет особое значение, так как нанесение несоответственного покрытия может привести к повышенному износу цилиндров.

Во избежание указанного при металлизации чугунных поршней или стальных плунжеров нужно пользоваться стальной проволокой с возможно меньшим содержанием углерода (не выше 0,10—0,15%).

При получении покрытий с твёрдостью большей, чем твёрдость цилиндра, её можно резко снизить кратковременным отжигом металлизированного поршня перед его обработкой.

В практике США для металлизации поршней успешно применяется цинк (42), возможность использования которого подтверждается и нашим опытом.

Благодаря тому, что температура плавления цинка после его распыления повышается с 420 до 621° (43), а также вследствие высокой его износоустойчивости, объясняемой зернистым и пористым строением слоя, во многих случаях цинк оказывается пригодным для восстановления самых разнообразных поршней, в том числе поршней от двигателей внутреннего сгорания.

Поршни паровых машин цинком металлизироваться не могут и обычно покрываются бронзой, мовель-металлом или нержавеющей сталью.

3. При очистке поршня требуется особо тщательное его обезжиривание,

которое следует осуществлять только с помощью выжигания. Химические средства очистки считаются непригодными.

4. Подготовка поверхности поршня к металлизации производится, как и обычно, с той разницей, что при небольшой толщине стенок поршня рваная резьба делается более мелкой, чем обычно.

Как правило, одна кольцевая выточка протачивается на расстоянии 2—3 мм от края последней поршневой канавки, а другая — на таком же расстоянии от конца юбки поршня.

Отверстия под поршневые пальцы во время напыления рекомендуется оставлять открытыми, с последующей их очисткой от приставшего металла развёрткой.

При нежелательности этой операции отверстие под палец закрывается деревянной пробкой, которая по окончании металлизации подлежит высверливанию, но ни в коем случае не выбиванию и выколачиванию.

Холодильники и другие углубления на поверхности, которые не захватываются нарезкой, готовятся пескоструйной обработкой, производимой перед нарезанием резьбы.

5. Металлизацию поршня по возможности рекомендуется проводить за один проход, если это не вызовет опасного перегрева.

6. При металлизации сталью обработку поршней предпочтительнее осуществлять только шлифованием.

При ремонте на одном из авторемонтных заводов поршней автомашины ЗИС-5 для металлизации применяется мягкая стальная проволока, дающая покрытия с твёрдостью 200—230 по Бринеллю.

Полная стоимость реставрации одного поршня, включая стоимость механической обработки, составляет 11—12 руб. (44).

В США восстановлением изношенных поршней дизелей с помощью металлизации занимаются более 100 различных фирм (45).

Заделка задиrow на направляющих станков

Возможность использования металлизации для устранения задиrow на рабочих плоскостях станков и другого оборудования может быть определена только на основании индивидуальной оценки каждого отдельного случая. При этом необходимо иметь в виду следующее:

1. С помощью металлизации возможна заделка лишь отдельных больших задиrow, ширина и глубина которых составляет не менее 1,5—2,0 мм. При заделке более мелких задиrow удовлетворительных результатов обычно получить не удаётся. Если требуется устранение мелких задиrow, они подвергаются разделке до размеров, допускающих металлизацию.

Поверхность направляющих, поражённая мелкими, но многочисленными задирами на небольшом участке, может быть металлизирована лишь при условии вырубки на месте этого участка сплошной лунки, имеющей резко ограниченные края и глубину не менее 1,5—2,0 мм.

2. Вследствие труднообрабатываемости стальных покрытий, а также их большей стойкости на истирание сравнительно с чугуном станины для устранения задиrow могут применяться только более мягкие металлы — латунь, бронза и др.

Хорошие результаты даёт также цинк, который на практике применяется

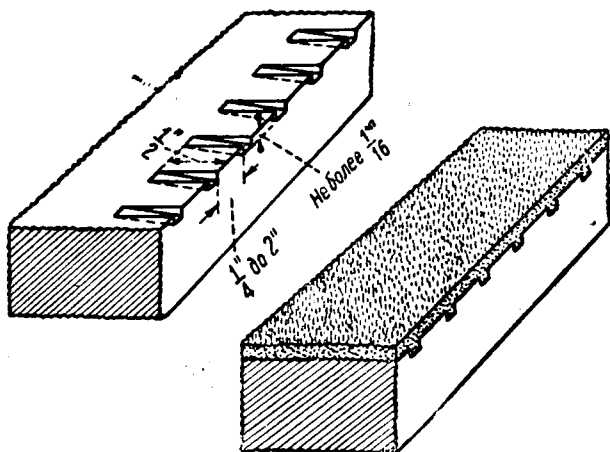
чаще всего благодаря лёгкости обработки, а также достаточно высокой стойкости к истиранию, лишь немного уступающей стойкости чугуна.

3. Технология устранения задиrow в основном складывается из следующих операций:

а) подрубki для придания задиру нужной глубины, ширины и по возможности формы ласточкина хвоста;

б) удаления масла выжиганием паяльной лампой или горелкой;

в) пескоструйной очистки, которая для защиты остальной поверхности производится через трафарет со щелью, вырезанной в соответствии с размерами и формой исправляемого задира;



Фиг. 73. Способ закрепления металлизационных покрытий на углах плоскостей.

г) металлизации, осуществляемой через тот же трафарет; при этом необходимо избегать нанесения больших излишков металла;

д) механической обработки покрытия помощью опиловки и шабровки. Использование зубила следует допускать с большой осторожностью и лишь для обрубki цинка.

При заделке задиrow следует руководствоваться правилами подготовки и приёмами работы с шаблонами, подробно изложенным ниже, в разделе исправления литейных дефектов (заделка раковин).

Если бывает необходимо металлизировать небольшие плоскости, края их для увеличения прочности сцепления перед обычной пескоструйной очисткой необходимо снабдить системой боковых замков (фиг. 73).

Восстановление изношенных втулок

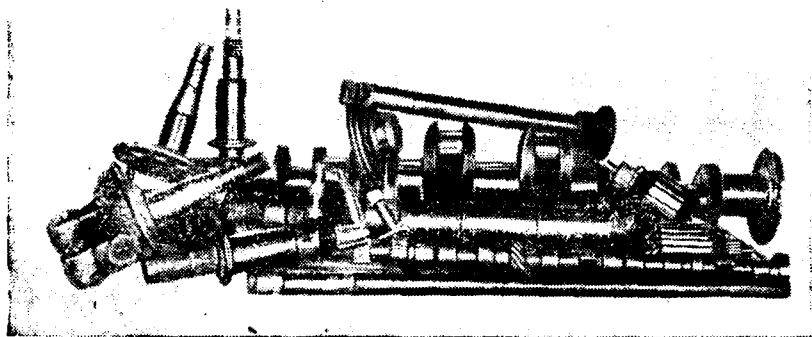
Во многих случаях наращивание внутренних стенок втулок оказывается затруднительным вследствие неудободоступности для пистолета, невозможности нанесения толстых покрытий и т. д.

Весьма часто такие втулки могут восстанавливаться несколько отличным способом — металлизацией не внутренних стенок, а наружной поверхности втулок.

В подобных случаях втулки с разработанными отверстиями разрезаются вдоль оси на две симметричные половины. Для уменьшения внутреннего диаметра втулки боковые плоскости стенок её разрезанных частей несколько спиливаются, после чего обе половинки складываются и пропаиваются оловом.

Отверстие полученной таким образом втулки растачивается до требуемого номинального размера, а уменьшённый наружный её диаметр легко восполняется до нужных размеров металлизацией простой стальной проволокой.

Металлизация наружной поверхности втулки производится обычным способом после её обточки для придания втулке формы правильного цилиндра.



Фиг. 74. Группа автодеталей, восстанавливаемых металлизацией.

Указанный способ широко используется в практике и позволяет многократное использование втулок без всякого расходования цветных металлов для их восстановления.

На фиг. 74 показана группа различных восстановленных автодеталей.

Б. ИСПРАВЛЕНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ДЕФЕКТОВ

В числе других разнообразных способов исправления литейных дефектов за границей давно и успешно применяется также метод металлизации распылением. Например, заводы Форда уже с 1932 г. при исправлении брака литья широко пользуются металлизацией, которая применяется ими преимущественно в сочетании с заваркой.

В тех же целях не менее успешно применялась металлизация и в Советском Союзе, где она, однако, до последнего времени не нашла достаточно широкого распространения.

К настоящему времени проведённые в годы войны большие работы на ГАЗ, СТЗ, Кировском и других заводах позволили в полной мере выявить большое значение металлизации, как одного из самостоятельных средств борьбы с литейным браком.

Высокая рентабельность и техно-экономическая эффективность эксплуатации металлизационных постов, организованных на ряде крупнейших литейных предприятий Союза, объясняют наличие в настоящее время повышенного интереса к возможностям применения металлизации в литейном деле.

Виды литья и литейных дефектов, допускающих исправление методом металлизации. При определении возмож-

ности применения металлизации для исправления того или другого дефекта отливки следует исходить из следующих основных соображений:

1. Путём металлизации возможно исправление лишь некоторых видов литейных дефектов, а именно:

а) заделка наружных раковин — газовых, шлаковых, земляных и др.;

б) устранение пористости («потения») у отливок, подвергаемых гидравлической или воздушной опрессовке;

в) заделка всех видов течи отливок — в местах спаев, рыхлот, установки жеребеек и т. д.;

г) заделка трещин различного происхождения, в том числе волосяных трещин, образуемых при исправлении литья с помощью сварки.

2. Заделка раковин может производиться как на нерабочих, так и на рабочих поверхностях отливок.

3. Устранение течи отливок и придание им непроницаемости достигаются нанесением на дефектный участок тонких, не допускающих обработки, металлизационных покрытий; поэтому устранение всех видов течи и пористости может производиться лишь на нерабочих и необрабатываемых поверхностях отливок.

4. Вследствие того, что процесс металлизации не вызывает ни нагрева, ни структурных изменений металла отливки, с её помощью возможно исправление дефектов на отливках, прошедших весь цикл механической обработки и даже на окончательно собранных агрегатах.

5. Исправлению могут подвергаться только такие участки поверхности, на которых нанесённые металлизационные покрытия не будут подвергаться внешним ударным воздействиям.

6. Так как нанесение металлизационных покрытий практически никакого увеличения механической прочности детали не вызывает, способом металлизации возможно исправление только таких дефектов литья, которые не требуют восстановления утерянной по месту дефекта механической прочности отливки.

Перечисленные виды литейных дефектов, допускающих исправление металлизацией, при описании технологии могут быть разбиты на две основные группы:

А. Заделка раковин как на нерабочих, так и на рабочих поверхностях.

Б. Устранение пористости и различных видов течи отливок на нерабочих поверхностях.

1. Заделка раковин

Допускаемые размеры раковин

Специальными опытами (46) установлено, что при заделке раковин металлизацией для получения наилучших результатов необходимо, чтобы глубина раковины h составляла не более половины от размера её диаметра d (средней величины поперечного сечения).

Соблюдение этого условия является необходимым и обязательным во всех случаях заделки раковин.

При поперечном сечении раковины от 8 мм и более и глубине её $h = d$ удовлетворительное заполнение раковины хотя и возможно, но сопровождается образованием большого кратеровидного металлического нароста и неудобствами в работе.

. Если же поперечное сечение раковины меньше 8 мм, то при $h = d$ удовлетворительное заполнение таких раковин вообще оказывается невозможным.

Предельные размеры раковин, допускающих их заделку с помощью металлизации, точно не установлены и не классифицированы. Однако, исходя из практики, следует, что путём металлизации возможна заделка раковин с размерами (считая по среднему размеру поперечного сечения) от 3—4 до 25—30 мм и даже более.

В отношении качества заделки и удобств в работе оптимальными считаются раковины с поперечным сечением в 8—12 мм.

Возможность заделки раковин, а также их предельно допустимые для каждого отдельного случая размеры могут быть определены лишь в зависимости от назначения отливки, местоположения раковины и предъявляемых к детали технических требований. Поэтому в условиях серийного и массового производства дефекты, допускающие исправление металлизацией, должны быть классифицированы и узаконены внесением соответственных дополнений к техническим условиям.

Например одним из станкостроительных предприятий применение способа металлизации узаконено разработкой специальных технических условий, согласно которым разрешается заделка следующих видов раковин, выявляемых в процессе обработки чугуновых деталей станка ФГ-85 (см. таблицу на стр. 124).

Теми же техническими условиями разрешается металлизация основных деталей других станков с аналогичными дефектами на рабочих плоскостях, а также на нерабочих, не обрабатываемых поверхностях (например места соединений деталей друг с другом и т. д.).

Требования к форме раковины и их подготовка к металлизации

Чтобы обеспечить возможность заполнения раковины, её форма должна быть достаточно открытой и не иметь выступающих краёв, могущих вызвать образование воздушных завихрений (фиг. 75).



Фиг. 75. Придание раковине открытой формы для устранения завихрений при металлизации.

Кроме того, для создания наилучших условий удерживания напыляемого в раковину металла стенкам раковин рекомендуется придавать форму «ласточка хвоста».

При заделке раковин небольшого размера несоблюдение этого правила по причине неудобств и трудностей обработки (например чугуна) не препятствует возможности металлизации. Если же металлизации подвергаются раковины больших размеров (свыше 12—15 мм), соблюдение этого правила является обязательным.

Характеристики раковин

Деталь	Местонахождение	Размеры	Количество и расположение
Станина	Раковины местного значения: а) под откосами, б) на плоскости зеркала	Диаметр от 10 до 12 мм, глубина 5—6 мм. Диаметр от 10 до 12 мм, глубина до 10 мм	До 5 шт. Расстояние от вершины угла, обра- зуемого плоскостью зеркала и откосом, должно быть не менее 30 мм
Консоль	Раковины местного значения на рабочей верхней плоскости, выходящей из-под откоса	Диаметр от 10 до 30 мм	До 30 шт. Расстояние от края плоскости не ме- нее 6 мм, расстояние между раковинами не менее 30 мм
Средник	Раковины местного значения на нижней и верхней плоскостях	Диаметр от 10 до 30 мм, глубина 5—6 мм	До 3 шт. Расстояние от вершины угла должно быть не менее 8 мм, расстояние между раковинами не менее 30 мм
Стол	Раковины местного значения на рабочей плоскости, выхода- щей из-под откосов	Диаметр 10—30 мм, глубина 5—6 мм	До 5 шт. Расстояние от края плоскости не ме- нее 8 мм, между раковинами — не менее 30 мм

На практике подготовка раковин к металлизации сводится к следующему:

1. Прежде всего выявляются действительные контуры и размеры раковины, а также наличие рыхлот и шлаковых или земляных засоров, которые подлежат вырубке и удалению.

2. Далее производится разделка раковины для придания ей необходимых размеров и формы.

При этом размеры небольших раковин рекомендуется увеличивать до оптимальных, т. е. до 8—12 мм, что производится путём вырубки крайним селесом или высверливанием.

При разделке стенок крупных раковин под «ласточкин хвост» возможно ограничиться вырубкой такого же по всей глубине раковины, а только на 2—3 мм от верхнего края раковины, как это показано на фиг. 76. «Ласточкин хвосту» рекомендуется придавать круглую форму, так как наличие острых углов нежелательно.



Фиг. 76. Придание стенкам раковины формы «ласточкина хвоста».

3. Отливки, уже бывшие в работе и могущие иметь поры, загрязнённые маслом, подвергаются тщательной очистке до полного удаления масла (стр. 90).

4. Заключительной операцией подготовки является пескоструйная обработка внутренней поверхности раковины и прилежащих к ней наружных краёв.

Если рядом с подготавливаемой раковиной находятся поверхности, требующие защиты от действия песка (например при заделке раковин на окончательно обработанных стливках), то пескоструйную очистку ведут через трафарет из жести, резины и т. п. с отверстием по форме раковины.

5. При заделке особенно больших и открытых раковин для улучшения прочности сцепления иногда практикуется постановка внутри раковины шпилек или винтов с плоскими головками, как это показано на фиг. 77.

Если же бывает необходима заделка очень глубоких и развитых раковин, в практике пользуются предварительной их зачеканкой свинцом.

Остающаяся свободной верхняя часть раковины подвергается обычной пескоструйной обработке и металлизации соответственным металлом.

Вместо свинца иногда возможно использовать специальные замазки, применяемые для заливки раковин в чугуном литье. Одна из таких замазок, предложенная лабораторией металлов Московского станкозавода им. Орджоникидзе, изготавливается из жёсткой магнезии, в которую добавляется хлористый магний (33%). Масса перемешивается до тестообразного состояния и, вследствие способности к быстрому затвердеванию, подлежит немедленному употреблению.

Шаблоны для металлизации раковин

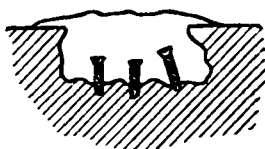
Вследствие того, что сечение конуса распыляемого металла всегда бывает больше, чем размеры раковин, значительные количества металла отклады-

ваются по краям раковины в виде кратеровидных металлических наростов. Последние, нарастая вокруг отверстия, уменьшают его размеры настолько, что дальнейшее заполнение раковины очень быстро становится затруднительным или даже невозможным.

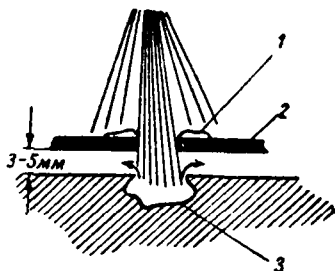
Во избежание указанных неудобств при металлизации раковин пользуются защитными шаблонами, назначение которых понятно из фиг. 78.

В металлизационной мастерской обычно пользуются постоянными и временными шаблонами.

Постоянные шаблоны изготавливаются в виде комплекта из 3—5 и более стальных пластин толщиной 1—2 мм с размерами сторон порядка 60×70 мм. В центре каждой из пластин делаются различные отверстия, форма и величина которых сообразуются с характером наиболее типичных раковин. Наружная сторона



Фиг. 77. Постановка шпилек внутри больших и глубоких раковин.



Фиг. 78. Схема защитного действия шаблона при заполнении раковин:

1 — задерживаемый металл; 2 — шаблон; 3 — раковина.

пластины шаблона должна быть очень гладко зашлифована и отполирована, без чего устранение налипания металла достигнуто не будет. Наилучшие результаты обеспечивает применение шаблонов с хромированной поверхностью. Защитные шаблоны снабжаются рукоятками, а также небольшими опорными ножками, благодаря чему устраняется возможность плотного прилегания шаблона к поверхности изделия, что обеспечивает выход воздуха из раковины и ведёт к заметному уменьшению вредных завихрений.

При отсутствии постоянных шаблонов пользуются изготавливаемыми из жести временными шаблонами, отверстиям которых придают размеры и форму заделываемой раковины. Пользование временными шаблонами связано с некоторыми неудобствами в связи с необходимостью частых удалений пристающего к ним металла.

При пользовании шаблоном рекомендуется, чтобы его отверстие было больше раковины и на 2—3 мм оставляло её края открытыми, что обеспечивает наиболее плотное заполнение и получение более аккуратного внешнего вида заделанной раковины.

Следует отметить, что качество заделки раковин, помимо правильного выбора шаблона, весьма сильно зависит от удобства пользования им, почему в основном рекомендуется пользоваться постоянными и по возможности хромированными шаблонами.

Несмотря на некоторое неудобство пользования шаблоном, заменять его предлагаемой иногда обмазкой поверхности вокруг раковины жиром нельзя, так как при этом имеется опасность попадания жира в раковину под сдувающим действием струи сжатого воздуха.

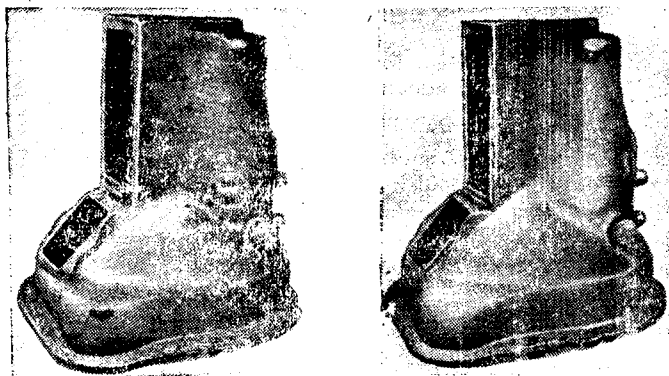
Металлизация раковин

Заполнение раковин производится с соблюдением правил, общих для всех видов работ по металлизации, а именно:

- а) металлизацию следует производить непосредственно вслед за ошпачиванием пескоструйной подготовки поверхности раковины (стр. 106);
- б) работу вести с применением воздуха, очищенного от масла и влаги;
- в) избегать нагрева наносимого металла и изделия свыше $70-80^{\circ}$ (стр. 109);
- г) струе металла везде, где это возможно, придавать направление, перпендикулярное к поверхности.

Помимо этих общих правил, при заполнении раковин рекомендуется:

- а) металлизацию вести на наиболее близком от пистолета до изделия расстоянии (30—50 мм);



Фиг. 79. Дефектная отливка до и после металлизации.

б) заполнение раковины производить не при неподвижном положении пистолета, а при перемещении его вокруг стенок раковины;

в) металлизацию больших раковин начинать от краёв отверстия и вести к середине, а не наоборот (47).

На фиг. 79 показана дефектная отливка до и после металлизации.

Отделка наружной поверхности раковины после металлизации

Удаление излишков нанесённого при заделке раковин металла и отделка поверхности производится обычными приёмами: обдиркой на наждаке, обрубкой зубилом, опиловкой и шабровкой.

При обработке на станках наружную поверхность раковин предварительно подвергают грубой ручной обработке.

При обработке покрытий следует руководствоваться общими для всех случаев указаниями, изложенными выше в разделе «Восстановление размеров изношенных деталей» (стр. 87).

Приёмка раковин после их исправления

Приёмка отливок с заделанными раковинами практикуется только в отношении ответственных деталей и имеет целью установить прочность сцепления напылённого в раковину металла с основанием.

Для этой цели металлизированная раковина гладко зачищается от наружного слоя заподлицо с телом отливки до полного удаления нанесённого вокруг раковины металлического покрытия.

Если при этом обнаруживается недостаточное сцепление отложенного вокруг раковины наружного слоя, то это не характеризует качества заделки самой раковины и не может служить признаком браковки.

После того как металлическое покрытие вокруг раковины удалено, качество её заделки определяется обстукиванием молотком (весом не более 1 кг) прилегающей к раковине поверхности. Сила удара при обстукивании доускается в пределах прочности отливки.

Обстукивание металла, заполняющего раковину, возможно лишь при условии применения небольших усилий, не вызывающих деформаций и наклёна металлизационного покрытия.

Если в результате обстукивания никаких признаков отслаивания или образования трещин не наблюдается, качество заделки считается удовлетворительным.

Недостаточная прочность сцепления исправляемых раковин обычно выявляется сама по себе при обработке наружной поверхности.

Металл для заделки раковин

Заделку раковин возможно производить металлом, одноимённым с металлом самой отливки. Однако следует помнить, что в этих случаях расплывлённый металл будет обладать повышенной износоустойчивостью и твёрдостью, что в некоторых случаях делает применение металла, одноимённого с отливкой, невозможным. При заделке раковин на обрабатываемых и работающих на трение поверхностях в большинстве случаев необходимо бывает выбирать металл для работы так, чтобы твёрдость образуемого покрытия была не выше твёрдости самой детали. Из этих соображений для заделки раковин на рабочих поверхностях чугунных изделий пользуются только самыми низкоуглеродистыми сталями, а также цинком, медью, латунию и бронзой.

При металлизации отливок из алюминиевых сплавов алюминием получение удовлетворительного сцепления возможно только при условии предварительного подогрева изделия, вследствие чего в обычных условиях для заделки раковин в алюминиевом литье применяется исключительно цинк.

При заделке раковин на неработающих поверхностях отливок из чугуна и других металлов из соображений лёгкости и удобства последующей обработки предпочитают применение не одноимённых металлов, а цинка, который является преимущественно применяемым металлом во всех случаях исправления различных раковин и других дефектов.

В тех случаях, когда заделку раковин намечено произвести не одноимённым металлом и не цинком, необходимо учесть возможность возникновения коррозионных процессов, что, однако, может иметь место лишь в исключительных и особо благоприятных для появления коррозии условиях (например при постоянном воздействии жидкого электролита и др.).

2. Устранение пористости и течи отливок

Подавляющее количество литья, забракованного по причинам местной или сплошной пористости, может быть надёжно и успешно исправлено металлизацией.

Как средство устранения пористости и течи отливок, металлизация сравнительно с пропиткой бакелитом, методами химического уплотнения пор и др., имеет ряд преимуществ, заключающихся в быстроте, технологической простоте и дешевизне процесса. Во многих случаях заменить этот процесс каким-либо другим способом оказывается вообще невозможным.

В силу указанного применение металлизации как средства исправления отливок с дефектами по пористости отличается особенной эффективностью и в последнее время приобретает всё возрастающее распространение.

Виды течи отливок, допускающих устранение способом металлизации

Пористость и течи, устранение которых возможно с помощью металлизации, по своему характеру и размеру могут быть условно классифицированы согласно табл. 36 (48).

Таблица 36

Дефекты пористости литья, допускающие исправление металлизацией

Условная группа	Внешнее проявление течи при гидротестировании (опрессовке)	Причины течи
I	«Потение» или слабое смачивание отдельных участков поверхности	Наличие мельчайших капиллярных пор, не видимых невооружённым глазом
II	Появление на стенках отливки отдельных мелких или крупных капель	Отдельные «волосные» поры
III	Просачивание воды с образованием стоков	Крупные поры
IV	Стекание воды небольшой струйкой	То же, но большего размера
V	Слабое фонтанирование (свищ)	Крупные сквозные поры

Отливки с перечисленными в табл. 36 дефектами могут исправляться:

а) на литье как из чёрного, так и цветного металла (латунь, бронза, алюминий и алюминиевые сплавы),

б) в необработанном виде после обрубки,

в) после предварительной или частичной механической обработки,

г) после окончательной механической обработки,

д) в собранном в агрегат виде, без его разборки.

При устранении пористости и течи отливок металлизация применяется:

а) как самостоятельный технологический способ,

б) в сочетании с заваркой, для устранения дефектов последней,

в) в дополнение к другим способам устранения дефектов, например зачеканки, постановки пробок, гужонов и т. д.

Значительные размеры пористой поверхности, а также большое количество мест течи применению металлизации не препятствуют.

Специальными опытами установлено, что металлизационные покрытия, наносимые по наружной поверхности отливок для заделки течи и пористости, выдерживают гидравлические испытания (опрессовку) под давлением до 20 ати включительно. Из практики известно, что металлизационные покрытия могут выдерживать и более высокие давления (до 50 ати и выше).

Металл для покрытия пористого литья

Металлизация пористых отливок производится цинком, который употребляется для исправлений как цветного, так и чугунного литья.

Применение цинка, а не одноимённых с отливкой металлов, объясняется свойством цинковых покрытий при смачивании их водой сильно увеличивать плотность (непроницаемость), благодаря чему цинковые покрытия, даже в тонких слоях, оказываются менее проницаемыми, чем более толстые покрытия из одноимённых металлов.

Уплотнение цинковых покрытий при смачивании объясняется механической закупоркой пор продуктами окисления цинка, образование которых происходит очень быстро.

Так как другие металлы подобной способностью не обладают, то пользование ими для устранения пористости возможно лишь при условии применения покрытий гораздо большей толщины, что, с одной стороны, ведёт к снижению прочности сцепления и появлению опасности отслаивания покрытия, а с другой — является нерентабельным.

При устранении пористости и течи отливок работа по металлизации осуществляется в следующем порядке:

1. Перед металлизацией пористые участки отливки и места течи подвергаются лёгкому обстучиванию керном с целью обнаружения скрытых дефектов — рыхлот, раковин и засоров. В случае обнаружения таковые подлежат разделке и исправлению аналогично раковинам.

2. При отсутствии необходимости в разделке дефектный участок поверхности подвергается пескоструйной обработке согласно обычно принятым общим правилам (стр. 90).

3. Устранение пористости и течи отливок достигается нанесением на дефектные участки поверхности цинковых покрытий толщиной в соответствии с табл. 37.

Приводимые в таблице толщины вполне обеспечивают необходимую непроницаемость. Применение излишне толстых покрытий является вредным, так как ведёт к увеличению опасности отслаивания.

При удободоступности отливок и возможности металлизации пористых стенок с наружной и внутренней стороны рекомендуется покрытие обеих стенок за счёт некоторого снижения толщины слоя...

Таблица 37

Толщина покрытий при металлизации пористого литья цинком

Условная группа течи	Примерная толщина слоя мм
I	0,3—0,5
II	Не менее 0,5
III	0,8—1,0
IV	1,0—1,5
V	Более 1,5

4. Тотчас по окончании металлизации нанесённое цинковое покрытие подлежит обильному смачиванию водой с помощью тряпки, кисти, пульверизации или обливания. По высыхании слоя операцию смачивания следует произвести повторно, после чего процесс исправления отливки считается законченным.

Устранение течи в собранных агрегатах

Путём металлизации возможно также устранение пористости, течи и трещин, обнаруживаемых на отливках, собранных в готовый агрегат. Такие случаи весьма часты во всех моторостроительных цехах, на автомобильных и тракторных заводах, на заводах, изготовляющих компрессоры, насосы и др.

Выявленные дефекты исправляются, как и обычно, с той разницей, что процессу металлизации должны предшествовать слив из соответственного агрегата масла или воды, а также полное их удаление из пор в месте дефекта, осуществляемое, как и в других случаях, выжиганием.

Для производства пескоструйной очистки весь агрегат, за исключением металлируемого места, тщательно укрывается от действия песка, после чего производится пескоструйная обработка и нанесение покрытия.

Таким образом могут исправляться дефекты на картерах авиационных и танковых моторов, блоках и головках двигателей, коробках скоростей тракторов и т. д. Этот же способ очень успешно применяется для заделки образующихся при замораживании трещин на блоках автомобильных двигателей. Во всех случаях работа производится без разборки агрегата и может быть выполнена по месту его нахождения.

Очень часто обнаруживаемая течь или трещина заделываются совместно с холодной электросваркой, назначение которой сводится только к предупреждению дальнейшего распространения трещины.

Эффективность применения металлизации для устранения пористости на окончательно собранных агрегатах видна из табл. 38, приводящей данные из практики ЧТЗ.

Таблица 38

Эффективность металлизации при устранении пористости литых деталей окончательно собранных агрегатов

Название агрегата	Место и характер дефекта	Затрата времени на исправление		Стоимость в рублях		Экономия на 1 изделие в рублях
		на замену детали по нормам	при металлизации (фактическая)	замена детали	металлизация	
Дизельный мотор	Масляная и водяная течь в блоке	20 чел/час	30 мин.	2600	20	2580
Трактор	Течь в коробке скоростей	140 »	1 ч. 30 м.	1030	30	1000
Пусковой мотор . .	Неплотность швов после заварки блока	5 »	30 мин.	490	20	470

В. ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

В первый период развития металлизации основной областью применения металлизационных покрытий явилась область защиты от коррозии.

На успех применения металлизации в этой области возлагались чрезмерно большие надежды, которые, однако, в дальнейшем в полной мере не оправдались, вследствие недостаточной в то время изученности свойств металлизационных покрытий.

С течением времени выяснилось, что в отношении предъявляемых к антикоррозийным покрытиям требований они обладают существенными недостатками, которые в сильной мере ограничивают возможности применения металлизации для этих целей.

Опыт показывает, что в этом смысле ко многим публикуемым в иностранных источниках данным, касающимся применения металлизации для защиты от коррозии, необходимо относиться критически и пользоваться ими с большой осторожностью.

Возможность применения металлизационных покрытий для защиты от коррозии

Во многих сложных случаях правильный выбор защитного покрытия может быть произведён лишь на основании предварительного опыта или специальных знаний в области коррозии. Однако в простейших случаях суждение о возможности применения металлизации может быть принято на основании общих элементарных сведений, а также на основе уже проверенных на практике данных.

Известно, что процесс коррозии обуславливается электрохимическими явлениями и зависит как от свойств металлов, так и от характера агрессивной среды и условий её воздействия.

Так как при контакте двух металлов, находящихся под действием раствора электролита, вследствие возникновения гальванической пары имеет место растворение (коррозия) металла, имеющего более низкий электродный потенциал, то при выборе защитного покрытия прежде всего необходимо исходить из значений нормальных электродных потенциалов (табл. 39).

Т а б л и ц а 39

Электрохимический ряд напряжений (значения электродных потенциалов по отношению к водороду)

Металл	Нормальный потенциал	Металл	Нормальный потенциал
Золото	+1,50	Свинец	— 0,13
Платина	+ 0,86	Олово	— 0,14
Серебро	+ 0,80	Никель	— 0,20
Медь одновалентная .	+ 0,52	Кадмий	— 0,40
Медь двухвалентная .	+ 0,34	Железо	— 0,44
Водород	± 0,00	Цинк	— 0,76
		Алюминий	— 1,34
		Магний	— 1,87

Пользуясь приведёнными в таблице значениями потенциалов, можно судить о сравнительной способности металлов к растворению, а следовательно, и разрушению, которое будет тем выше, чем ниже потенциал данного металла. При этом металл с меньшим потенциалом (обладающий большей растворимостью сравнительно с другим) будет являться анодом, а металл с более высоким потенциалом — катодом. С другой стороны, возможность обеспечения защиты одного металла другим, а также скорость разрушения защитного покрытия характеризуются разностью потенциалов между двумя металлами (основанием и покрытием).

Например, при действии электролита на пару цинк — железо анодом будет являться цинк, имеющий потенциал $-0,76$, по отношению к которому железо, как имеющее более высокий потенциал ($-0,44$), будет являться катодом. Следовательно, образуемая при покрытии железа цинком гальваническая пара будет вызывать растворение (разрушение) цинка, а не железа, которое за счёт разрушения цинка от действия коррозии само будет защищено.

Если же в паре с железом был бы взят металл с более высоким, чем железо, потенциалом, например, медь ($+0,34$), то по отношению к ней железо ($-0,44$) оказалось бы отрицательным металлом и подверглось бы интенсивному разрушению.

Следует отметить, что значение нормальных электродных потенциалов не всегда точно характеризует интенсивность коррозионного процесса, так как потенциалы катода и анода вследствие разных, не рассматриваемых в данном случае, причин (процессы поляризации, пассивирования) могут изменяться.

Таким образом, следует, что при нанесении металлических покрытий электрохимическая защита основного металла может быть достигнута лишь при условии, если металл покрытия будет более электроотрицательным, чем металл основания.

Покрытия из металлов более отрицательных, чем основание, носят название анодных, которые и являются преимущественно применяемым видом покрытий, наносимых с помощью металлизации распылением.

Часто пользуются также катодными покрытиями, т. е. состоящими из металлов менее электроотрицательных, чем основной металл. В таких случаях основной металл в присутствии электролита может быть защищён не электрохимически, а чисто механически, для чего требуется нанесение совершенно безпористого покрытия, полностью устраняющего доступ электролита к основному металлу и возможность какого-либо между ними контакта.

Если же электролит даже в самой незначительной мере будет проникать к основанию и иметь возможность соприкасаться с ним, то коррозия основания в электролите может быть даже более интенсивной, чем если бы оно совсем не было покрыто слоем катодного металла.

В этом отношении применение металлизации для нанесения катодных покрытий встречает известные затруднения по следующим обстоятельствам:

а) металлизационные покрытия по своей природе всегда в большей или меньшей мере пористы, почему применение тонких катодных покрытий вообще невозможно;

б) нанесение непроницаемых покрытий за счёт увеличения толщины слоя в некоторых случаях оказывается невозможным по техническим соображениям (ослабление прочности сцепления); в других случаях необходимость применения покрытий большей толщины часто делает применение металлизации явно нецелесообразным по экономическим соображениям;

п) в производственных условиях, в особенности при металлизации поверхностей значительного размера, равномерность и качество покрытий в значительной мере зависят от опыта рабочего-оператора и его отношения к работе, требующей внимания и тщательности при выполнении, что, не будучи учитываемо никаким контролем, вносит в работу известный элемент случайности.

Способы уплотнения металлизационных покрытий

Как уже упоминалось, плотность покрытия в сильной мере зависит от режима металлизации. При оптимальных условиях работы для получения непроницаемых для воды покрытий (под давлением в 1 атм) их толщины должны быть не менее:

для свинца	0,2 мм	для алюминия	0,23 мм
» цинка	0,2 »	» стали V2A	0,56 »

Однако установление оптимального для каждого случая режима работ и тем более его точное соблюдение в производственных условиях не всегда осуществимо, почему при нанесении катодных покрытий применяются значительно более толстые покрытия, которые для увеличения плотности подвергаются дополнительной обработке.

Например, из приведённых в табл. 5 данных следует, что в результате нагрева, а также шлифования и полировки покрытий возможно достигнуть очень сильного их уплотнения. Однако указанные способы при обработке больших изделий мало приемлемы и в практике заменяются двумя другими способами — крапкой и пропиткой.

Крапка представляет собой способ обработки поверхности мягкими металлическими щётками. Процесс обработки осуществляется или вручную, или с помощью дисковых щёток, работающих от переносных шлифовальных машин с гибким валом.

В практике крапке подвергают преимущественно покрытия из мягких металлов. При нанесении толстых покрытий рекомендуется двух-трёхкратная последовательная и междуслойная крапка, при которой, например, слой с окончательной толщиной в 0,8 мм, кроме обработки наружного слоя, подвергается также промежуточной крапке после нанесения половинной толщины слоя в 0,4 мм.

Пропитка является наиболее доступным и в то же время эффективным средством устранения проницаемости и увеличения срока службы металлизационных покрытий. Обладая поверхностью с высокоразвитой шероховатостью, а также структурной пористостью, металлизационные покрытия являются прекрасным основанием для различных пропитывающих материалов.

В качестве пропитывающих материалов применяются различные растворы смол, лаков и других органических составов, обладающих стойкостью по отношению к разрушающему агенту, а также небольшой вязкостью, обеспечивающей возможность проникания покрытия в капилляры.

Из опытов лаборатории металлизации Оргаметалла (49) следует, что прекрасным пропитывающим материалом является бакелит, применение которого, однако, часто встречает затруднения вследствие необходимости в последующем нагреве изделия до 120—180° для полимеризации бакелита.

Французская фирма Union Metallurgique в качестве пропитывающих материалов рекомендует пользоваться следующими составами (табл. 40).

Рецептура составов для пропитки металлизационных покрытий (50)

Металл покрытия	Действующая среда	Пропитывающий состав	Примечание
Алюминий	Продукты брожения или жидкости, склонные к брожению (пиво, молоко и т. п.)	Парафиновое масло — 1 л, озокерит белый — 50 г	Приготовление состава при 150° для растворения озокерита. Нанесение состава с помощью мягкой кисти. Избыток на поверхности удаляется тряпкой
Олово	Растворы органических кислот повышенной температуры и концентрации	То же	То же
Медь	Различные растворы с температурой ниже 50° При температуре выше 50°	» 10%-ный раствор двухромни-келевой щёлочи	» Смачивание с последующей сушкой на воздухе
Свинец	Разведённые кислоты при высокой температуре или крепкие кислоты при нормальной температуре	То же	То же
Свинец	Различные растворы с нормальной температурой	Льняное масло (сырое) — 5 л, резинат свинца — 125 г, закись свинца — 100 г, хромовокислый свинец — 100 г, копал (порошкообразный) — 50 г	Приготовление при нагреве до 120° в течение часа; применение — смачиванием
Олово	Растворы органических кислот при нормальной температуре	Льняное масло (сырое) — 5 л, резинат марганца — 125 г, копал (порошкообразный) — 50 г, олово (в порошке) — 200 г	Приготовление при нагревании; применение — смачиванием; по окончании обработки — сушка в течение 24 час.

В отдельных литературных источниках упоминается также о различных способах химического уплотнения покрытий, например путём обработки покрытий раствором хлористого бария и сернокислого натрия для образования в порах уплотняющего их тонкодисперсного осадка сернокислого бария. Имеются также предложения обработки покрытий жидким стеклом, ртутью (для получения амальгамы) и другие рецепты, которые в нашей практике совершенно неизвестны.

Изложенные обстоятельства в достаточной мере характеризуют значительные трудности при использовании металлизации для нанесения катодных покрытий. При их употреблении следует также учесть, что необходимая для хорошей коррозионной стойкости структурная и химическая однородность металла в покрытиях, нанесённых по способу распыления, отсутствует, благодаря чему их коррозионная стойкость сравнительно со взятым для распыления металлом (проволокой) оказывается сниженной.

Судя по литературе, в качестве катодных покрытий за границей наибольшее применение находят свинец и олово. При восстановлении деталей, подвергаемых одновременно износу от трения и действию коррозионных агентов, с успехом применяется пержавеющая сталь. Остальные более благородные, чем железо, металлы (латунь, бронза, медь, никель и др.) применяются сравнительно редко.

В частности свинцовые покрытия используются для покрытия аккумуляторных ящиков, аккумуляторных помещений подводных лодок, сернокислотных чанов, стали, подвергаемой действию сероводорода, хранилищ для сернистой нефти, резервуаров для кислотной очистки нефтепродуктов, внутренних поверхностей различных дымовых коробок, фильтров красильных производств, различных воздуходувок и др.

Оловянные покрытия применяются для защиты пищевого и другого оборудования, лужение которого вследствие громоздкости и технических неудобств оказывается затруднительным.

В Союзе опыт применения катодных покрытий в производственных целях относительно невелик.

Применение металлизации для защиты стали анодными покрытиями

Электрохимическая защита стали от коррозии нанесением покрытий из электроотрицательных металлов — цинка и алюминия, а также кадмия является весьма широкой областью успешного применения металлизации.

Многочисленные исследования и опыт практического использования металлизации в этой области показывают, что стойкость анодных покрытий, полученных методом распыления, вследствие их пористости лишь немногим ниже стойкости покрытий, получаемых гальваническим способом.

Вместе с тем металлизация имеет и огромные преимущества перед другими способами, заключающиеся в возможности нанесения покрытий на любые изделия вне зависимости от их формы, величины и местоположения.

В области защиты от коррозии с наибольшим успехом металлизация применяется для защиты стали от атмосферных условий, а также воздействия пресной и морской воды.

Металлизация стали для защиты от атмосферной коррозии

Для защиты от атмосферной коррозии применяются преимущественно цинковые покрытия, которые под воздействием атмосферы покрываются защитной пленкой, отличающейся высокой устойчивостью. В морской атмосфере цинк обладает почти такой же стойкостью, как и в очень чистой атмосфере. В промышленной атмосфере, содержащей сернистые газы, цинк малостоек вследствие образования легко растворимых продуктов коррозии.

Продолжительность службы цинковых покрытий определяется как их толщиной, так и составом атмосферного воздуха, что иллюстрируется табл. 41.

Таблица 41

• Примерный срок службы цинковых покрытий в зависимости от толщины слоя (51)

Толщина цинкового слоя г/м ²	Ожидаемая продолжительность службы в годах			
	Сельская местность	Морской берег	Полуиндустриальная местность	Индустриальная местность
417	30—35	20—25	15—20	8—10
335	20—25	15	10—15	6—8
200	8—10	5—8	5	3—5
67—100	3—4	2—3	1—2	1

По данным Оргаметалла при защите стали от атмосферной коррозии рекомендуется применение покрытий, указанных в табл. 42.

Таблица 42

Вид и толщина металлизационных покрытий для защиты стали от атмосферной коррозии (52)

Атмосферные условия	Рекомендуемое покрытие	Толщина слоя мм	Примечание
Сухая атмосфера с невысокой влажностью и комнатной температурой	Цинк или алюминий	0,05 0,1	По данным практических наблюдений у нас и за границей То же
Атмосфера сельской местности (повышенная влажность, действие атмосферных осадков и меняющейся температуры) .	Цинк или цинк + алюминий	0,1 0,05+0,1	
Атмосфера промышленной местности (загрязненность воздуха дымовыми газами со следами сернистого газа и прочими промышленными загрязнителями)	Цинк или цинк + окраска или алюминий + окраска	0,1—0,2 0,1 0,2	По результатам экспериментальных работ и наблюдений лабораторий металлизации Оргаметалла

После нанесения цинковых покрытий их рекомендуется немедленно смочить водой, благодаря чему на поверхности образуется защитный слой гидрокарбоната цинка. Изделия, подвергаемые действию морского воздуха, следует смачивать морской водой или раствором поваренной соли (30 г на 1 л воды).

Применение алюминиевых покрытий для защиты стали от атмосферной коррозии даёт очень хорошую защиту, что за границей используется в авиации и в промышленности военного снаряжения (53).

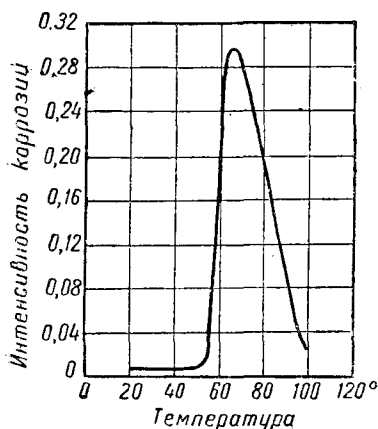
С помощью металлизации осуществляется защита от атмосферной коррозии различных ответственных металлоконструкций, например, крановых ферм, мостов, мачт для высоковольтных электросетей, цельнометаллических вагонов, сигнального оборудования, сварных и заклёпочных швов и т. п.

В качестве примера интересно отметить, что на величайшем теплоходе «Нормандия» с помощью металлизации покрыты были дымовые трубы, водонепроницаемые переборки, холодильная установка, вентиляционная система, ванны установки, оборудование зимнего сада и др.

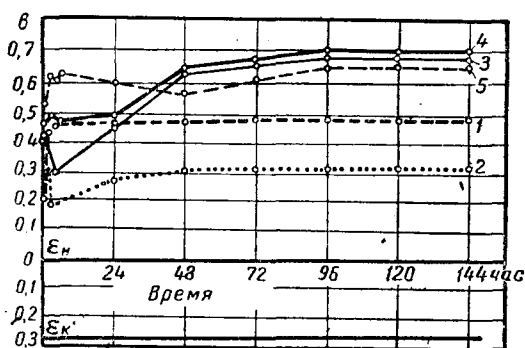
Защита стали от коррозии в пресной и морской воде

В пресной воде наилучшую защиту стали от коррозии обеспечивает применение цинковых покрытий, защитная способность которых при нормальной температуре воды достаточно общеизвестна. Однако с повышением температуры воды устойчивость цинка резко падает и при 55—65° достигает минимального значения. При температурах выше указанного интервала стойкость цинка, как это видно из фиг. 80, повышается и при 100° оказывается мало

отличной от его стойкости при нормальной температуре.



Фиг. 80. Коррозия цинка в воде при различной температуре.

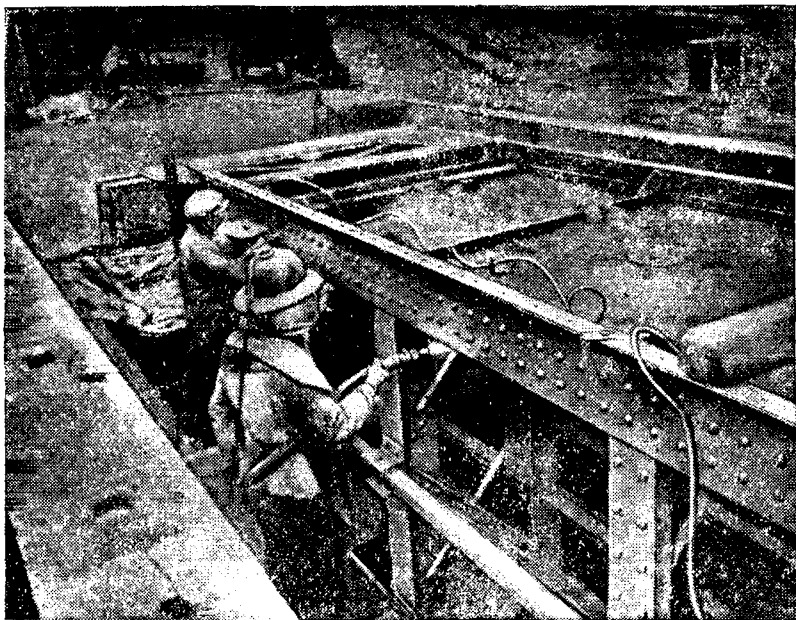


Фиг. 81. Электродные потенциалы алюминиевых покрытий в водопроводной воде: 1 — железо (отнестроуенное); 2 — алюминий (проволока); 3 — алюминий (шоопированная плёнка); 4 — железо, шоопированное алюминием; 5 — железо, шоопированное 0,05 Zn + 0,1 Al.

Для защиты стали от действия пресной воды могут также применяться алюминиевые покрытия, что находит подтверждение в исследованиях потенциалов как чистой плёнки, полученной распылением алюминия, так и покрытой ею стали (52).

Из фиг. 81 следует, что алюминиевые покрытия в водопроводной воде имеют более электроотрицательный потенциал, чем непокрытое железо, поэтому они должны обеспечить электрохимическую его защиту от разрушения.

Необходимо только отметить, что в некоторых случаях алюминий способен настолько облагораживаться, что его электродный потенциал оказывается очень близким к потенциалу железа или даже несколько выше него. Вследствие этого стойкость алюминиевых покрытий в зависимости от конструкции пистолета, режима работ, сорта проволоки и других причин может оказаться ниже ожидаемой.



Фиг. 82. Металлизация доковых ворот (впереди пескоструйная очистка, на втором плане — металлизация).

В условиях воздействия острого пара алюминиевые покрытия обладают удовлетворительной стойкостью, а перегретого — хорошей, почему с успехом используются в соответственных целях.

В морской воде цинковые покрытия покрываются плёнкой из продуктов коррозии, в значительной степени предохраняющей их от быстрого разрушения.

Скорость разрушения не очень велика и позволяет использовать защитные свойства цинковых покрытий в практических целях.

Алюминиевые покрытия по отношению к солёной воде совершенно не устойчивы и для защиты стали от действия морской воды применяться не могут.

Цинковые покрытия за границей широко применяются для защиты от действия морской воды самых разнообразных объектов, например доковых ворот (фиг. 82), корпусов подводных лодок и других судов (после окончания сборки, клёпки или сварки); балластных камер подводных лодок, палуб и

надпалубных принадлежностей различных судов; гвоздей, шурупов и других метизов для судоверфей и т. п.

По данным Оргаметалла для защиты стали от действия пресной и морской воды рекомендуется применять покрытия с толщиной слоя согласно табл. 43.

Т а б л и ц а 43

Вид и толщина металлizationsонных покрытий для защиты стали от действия пресной и морской воды

Водная среда	Рекомендуемое покрытие	Толщина слоя мм	Примечание
Пресная вода обыкновенной температуры	Цинк или цинк + окраска	0,1 0,05	Из опыта работ конторы металлizationsон Оргаметалла
Горячая вода	Алюминий	0,15—0,20	То же
Водяной пар	Алюминий	0,2—0,3	Результат экспериментальных работ Оргаметалла
Морская вода	Цинк + окраска	0,1—0,15	Данные различных наблюдений и экспериментов

Применение металлizationsон в сочетании с окраской

Благодаря пористости и шероховатости металлizationsонных покрытий они являются прекрасной основой для окраски. В отличие от условий связи с обычными металлами краска, проникая глубоко в капилляры металлizationsонного покрытия, начинает составлять вместе с последним как бы нечто органически целое, так что постепенное наружное растрескивание красочного покрытия при старении не ведёт к образованию очагов коррозии.

Как показывают данные опытов и результаты практических наблюдений, слой, получаемый из сочетания металлizationsон цинком и окраски, отличается гораздо большей защитной способностью и длительностью сроков службы, чем каждое из покрытий, взятое порознь.

Вследствие указанного дополнительная окраска металлizationsонных сооружений или изделий, подвергаемых действию воды и атмосферы, весьма целесообразна и широко используется в практике. По данным Ролласона покрытие из цинка, нанесённое на тщательно отпескоструенное и окрашенное краской железо, может выдержать без ремонта длительность одного человеческого поколения.

Ввиду пористости металлizationsонных покрытий они для получения нормальных для окраски плёнок требуют примерно удвоенного расхода лакокрасочных материалов, что в некоторых случаях (например в самолётостроении) имеет отрицательное значение. В тех же случаях, когда применяются многослойные лакокрасочные покрытия, их замена металлizationsонным покрытием с

однослойной окраской не вызывает никакого утяжеления общего веса покрытия.

Более высокая стоимость комбинированного покрытия в большинстве случаев экономически оправдывается, так как дорогое, но длительно служащее покрытие выгоднее, чем дешёвое, но часто сменяемое.

Рецептура наиболее пригодных для совместного применения лакокрасочных материалов специально не изучена, почему в практике пользуются обычными сортами красок, эмалей и лаков.

Технология нанесения антикоррозийных покрытий

Технологический процесс нанесения покрытий, предназначенных для защиты от коррозии, никаких специфических особенностей не имеет и производится в том же порядке, как и во всех других случаях металлизации плоских поверхностей, а именно:

1. Подлежащая металлизации поверхность освобождается от всяких загрязнений и подвергается пескоструйной обработке. При этом особенно важно, чтобы загрязнения были также удалены из пор металла.

2. Подготовленная поверхность подвергается металлизации с минимальным разрывом во времени с момента окончания пескоструйной обработки.

3. До начала металлизации подготовленная поверхность тщательно оберегается от прикосновений рук, запыления и других загрязнений.

4. Выбор металла и толщины покрытия определяется в соответствии с характером коррозии и условиями службы покрытия.

5. Режим металлизации зависит от типа и конструкции пистолета. Оптимальные режимы для получения наиболее плотных покрытий хорошо изучены лишь в отношении пистолетов газового типа. Данные, относящиеся к аппаратам электродугового типа, серьёзно не проверены и не внушают достаточного доверия.

Для получения наибольшей плотности слоя при работе на электропистолете ЛК-2 Н. В. Катц (54) рекомендует пользоваться режимом согласно табл. 44.

Таблица 44

Оптимальный режим работы электрометаллизатора ЛК-2
для получения плотных покрытий

Металл	Расстояние от сопла до изделия мм	Напряжение тока на дуге в	Давление сжатого воздуха ати	Производи- тельность аппарата кг/час
Свинец	50	20	6	7,5
Цинк	50	25	6	2,8
Алюминий	50	25	6	0,5
Латунь	50	25	6	1,2
Сталь всех марок	50	30	6	1,1

6. При нанесении покрытий необходимо помнить о плохой укрываемости углов и острых граней, которые перед пескоструйной очисткой должны быть

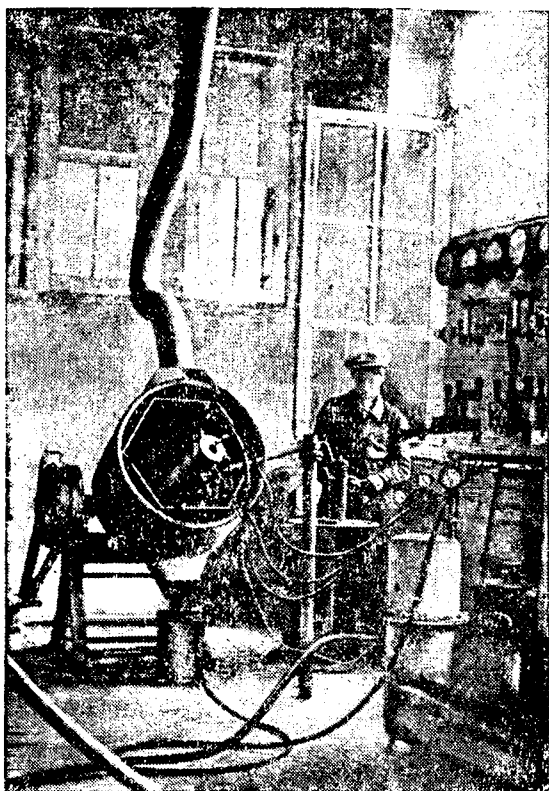
устранены. Кроме того, металлизация этих мест должна производиться особенно тщательно.

7. Для очистки и металлизации применяется воздух, очищенный от масла и избытка влаги.

8. Нанесённое покрытие в зависимости от его рода и назначения подвергается последующей обработке, состоящей в крапке, полировке, пропитке специальными составами, окраске или простому смачиванию водой.

Металлизация мелких изделий

Весьма рациональным является применение металлизации для оцинковки различного рода мелких металлических изделий, например болтов, гаек, шайб, шурупов, гвоздей, накладок, скоб и тому подобных метизов.



Фиг. 83. Барабан для металлизации мелких изделий (момент работы на аппарате тигельного типа; крышка барабана не показана).

Подобного рода работа осуществляется с помощью приводимого на фиг. 83 барабана, снабжённого наружным кожухом с крышкой и гибким металлическим рукавом для отсасывания пыли.

В дырчатую корзину, внутрь вращающегося в наклонном положении барабана, загружаются 15—25 кг изделий, которые после пескоструйной очистки могут быть металлизированы в том же барабане, без всякой перегрузки.

Как очистка, так и металлизация производится путём введения в барабан через отверстие в крышке пескоструйного сопла или металлизационного аппарата, которые жёстко и неподвижно укрепляются с помощью находящегося у барабана кронштейна со стойкой.

Продолжительность пескоструйной обработки зависит от состояния поверхности детали и в среднем составляет от 10 до 15 мин. на каждую загрузку; процесс металлизации занимает примерно 15—20 мин.

При больших количествах изделий очистка и металлизация производятся в отдельных барабанах.

Указанный способ успешно используется рядом предприятий Союза и несколькими судостроительными предприятиями, практика которых подтверждает весьма высокую эффективность применения металлизации для массовой обработки мелких изделий.

Определение прочности сцепления покрытий

В производственных условиях прочность сцепления антикоррозийных покрытий определяется одним из двух, в одинаковой мере примитивных, способов:

1. Испытуемое покрытие с помощью какого-либо острого или ножа надрезается до основного тела так, чтобы линии надреза образовали прямоугольную площадку со сторонами порядка 15×30 мм.

О прочности сцепления судят по производимой в границах надрезанной площадки пробе на отдиранье покрытия от основания, которое производится с помощью лезвия ножа и т. п. Если при этом происходит лёгкое отслаивание от основы больших кусков покрытия, качество покрытия считается неудовлетворительным. Если же под усиленным ножом происходит выкрашивание отдельных, маленьких кусков слоя, прочность сцепления считается удовлетворительной.

2. Перед испытуемой поверхностью, на расстоянии 200—250 мм, устанавливается неподвижно закрепляемое сопло пескоструйного аппарата. Под абразивным действием направленной в одно место струи песка металлизационное покрытие быстро истирается и обнажает основание.

Если при этом выходящие к обнажённому основанию края покрытия не имеют тенденции заворачиваться и легко отслаиваться, прочность сцепления признаётся удовлетворительной.

Помимо примитивности оба указанных способа связаны с порчей покрытия в местах пробы и необходимостью последующего их исправления.

Определение толщины слоя металлизационных покрытий

Из многочисленных методов определения толщины металлических покрытий наиболее подходящим и в условиях металлизации проверенным способом является струйный способ Кларке, с помощью которого возможно, однако, определение толщины только цинковых покрытий (55).

Для определения толщины слоя металлизационных покрытий пользуются раствором из NH_4NO_3 —280 г/л и HCl (уд. вес 1,19)—32,4 см³/л.

Этим раствором, выпускаемым из капилляра со скоростью 20 см³/мин в течение 1 сек. при 18° снимается толщина, равная 0,00324 мм.

В производственных условиях струйный способ малоприменим ввиду следующих недостатков:

- а) малой портативности и хрупкости прибора,
- б) порчи покрытий в местах, подвергающихся действию растворяющих цинковый слой растворов, и необходимостью последующей реставрации соответственных участков поверхности,
- в) невозможности производства потолочных замеров и замеров на вертикальных плоскостях.

В качестве наилучшего прибора для измерения толщины металлизационных покрытий следует признать магнитный прибор системы проф. Акулова (56), отличающийся следующими преимуществами:

- а) малым размером, удобством и быстротой пользования,
- б) возможностью производства измерений без порчи металлизационного слоя,
- в) возможностью снятия замеров вне зависимости от положения поверхности в пространстве и сложности конфигурации изделия.

Прибор проф. Акулова позволяет измерять толщину не только цинковых покрытий, а всех покрытий из немагнитных металлов.

Действие прибора основано на уменьшении силы притяжения постоянного магнита к стали, когда между магнитом и основным металлом находится немагнитное покрытие (медь, цинк, алюминий и др.).

Прибор проф. Акулова проверен в практике и может быть рекомендован к самому широкому применению.

Отдельные экземпляры приборов изготовлялись в мастерских магнитной лаборатории 1 МГУ (Москва).

Для нанесения покрытий заданной толщины при металлизации больших поверхностей в практике прибегают к измерению площади, на которую нанесено определенное количество заранее взвешенного металла.

Количество металла на единицу поверхности определяют, исходя из требуемой толщины, удельного веса расплавленного металла и ожидаемых потерь для данной конструкции пистолета и применяемого металла.

Определение пористости (проницаемости)

Предложенные различными авторами способы определения проницаемости покрытий в цеховых условиях применяться не могут и допускают производство испытаний только в лабораторной обстановке.

Из указанных способов в нашей практике пользуются преимущественно способом Эвертса, позволяющим с помощью одного и того же прибора определять как воздухопроницаемость, так и водопроницаемость металлизационных покрытий.

Указанный прибор для текущего контроля пористости (проницаемости) покрытий непригоден и применяется лишь для предварительного определения толщины слоя, обеспечивающей требуемую непроницаемость (57 и 58).

ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЖАРОСТОЙКОСТИ СТАЛИ АЛИТИРОВАНИЕМ

1. Сущность процесса

Алитированием называется процесс цементации стали алюминием для повышения её жаростойкости.

Процесс алитирования состоит в нанесении на поверхность стали слоя алюминия, который в результате последующей термической обработки диффундирует в сталь и образует на её поверхности тонкий слой железо-алюминиевого сплава, обладающего высокой устойчивостью к действию высоких температур.

Образуемые при сплавлении железа с алюминием твёрдые растворы содержат от 0 до 32,7% Al и имеют температуру плавления $1230-1524^{\circ}$ (59).

На глубину диффузии при алитировании в сильной мере влияет содержание в стали углерода: чем меньше углерода, тем легче протекает диффузия и тем больше толщина образуемого диффузионного слоя.

Свободный углерод является механическим препятствием для диффундирующего алюминия, почему алитирование чугуна практически к повышению его жаростойкости не приводит.

По данным Ролласона (20); в результате алитирования на поверхности стали образуется сложное покрытие, состоящее из трёх слоев:

а) над сталью, и частично сплавившись с ней, образуется твёрдый раствор железа и алюминия;

б) далее следует слой сплава железа с алюминием, содержащий также небольшое количество избыточного свободного алюминия;

в) наружный слой представляет собой тонкую плёнку окиси алюминия.

Основная защита стали от окисления осуществляется наружной плёнкой окиси алюминия, имеющей температуру плавления 2100° . Однако плёнка окиси алюминия не очень прочно сцеплена с поверхностью и при температуре выше 800° , а также при деформациях металла при нагревах и охлаждении обычно отслаивается.

На обрабатываемом при этом слое железо-алюминиевого сплава каждый раз образуется новая плёнка окиси алюминия, которая будет появляться до тех пор, пока в диффузионном слое имеется сплав $FeAl_3$.

Алитирование может быть целесообразно для изделий, работающих в пределах 950° . При более высокой температуре происходит интенсивная диффузия алюминия из наружных слоёв внутрь стали, вследствие чего её обеднённая алюминием поверхность начинает быстро разрушаться.

Стойкость алитированных изделий зависит от глубины диффузионного слоя, а также от температурных условий и условий эксплуатации. При температуре $900-950^{\circ}$ продолжительность службы изделий из простых углеродистых сталей, алитированных с применением металлизации, увеличивается от 5 до 20 раз и более. При температуре 800° и ниже стойкость алитированной стали значительно возрастает.

Слой алитированной стали отличается повышенной твёрдостью и хрупкостью, поэтому является неудобнообрабатываемым. Алитированное железо может применяться как в окислительной, так и в восстановительной атмосфере топочных газов, а также в атмосфере воздуха, содержащего до 15% сернистого газа (при 800°) (60).

Известно несколько различных способов алитирования — калоризация, способ Мекера, способ завода Крупна, способ «погружения» и др. Среди этих способов металлизация распылением не является самостоятельным методом алитирования, а лишь служит средством нанесения алюминиевого слоя на изделия, предназначенные к алитированию.

В английской терминологии процесс алитирования с применением металлизации принято именовать «алюминизацией».

Алитирование с помощью металлизации распылением обладает рядом преимуществ по сравнению с другими способами: для алитирования с применением металлизации не требуется специального и дорогостоящего оборудования, благодаря чему этот способ оказывается доступным даже для небольших предприятий и отдельных цехов, имеющих термические печи для отжига.

Особым преимуществом алитирования с применением металлизации является возможность обработки изделий больших габаритов и сложной конфигурации.

В качестве недостатка этому способу приписывается невозможность получения столь же глубокой и равномерной, как при других методах, диффузии, что, однако, в достаточной мере не обосновано.

2. Технология алитирования

В наиболее простом виде процесс алитирования состоит из операций:

- а) подготовки поверхности,
- б) нанесения алюминиевого покрытия,
- в) обмазки покрытия флюсом,
- г) обжига.

Подготовка поверхности, как и обычно, осуществляется с помощью пескоструйной обработки.

Очистка предназначенной к металлизации поверхности должна производиться особенно тщательно, так как всякие её загрязнения препятствуют диффузии алюминия.

При этом возможно применение менее острогранного, чем обычно, песка, так как при алитировании значение чистоты поверхности преобладает над значением прочности сцепления покрытия.

Нанесение алюминиевого покрытия. При нанесении алюминиевого покрытия необходимо исходить из основного при алитировании требования: недопустимости нахождения между сталью и наносимым покрытием каких-либо прослоек из окисной плёнки, загрязнений пылью, маслом, влагой и т. д.

Исходя из указанного и с целью устранить возможность образования на очищенной поверхности оксидной плёнки, металлизацию следует вести немедленно по окончании очистки.

Приславшиеся частицы песка и пыли подлежат удалению обдувкой чистым сжатым воздухом. Отсутствие в применяемом для пескоструйной очистки и металлизации воздухе масляных загрязнений должно быть контролируемо особенно тщательно.

Нанесение алюминиевого покрытия производится обычными способами и на нормальных режимах. Толщина наносимых покрытий согласно данным б. Органометалла (61) определяется температурой эксплуатации изделия (см. табл. 45).

Таблица 45

Толщина покрытий при
алитировании

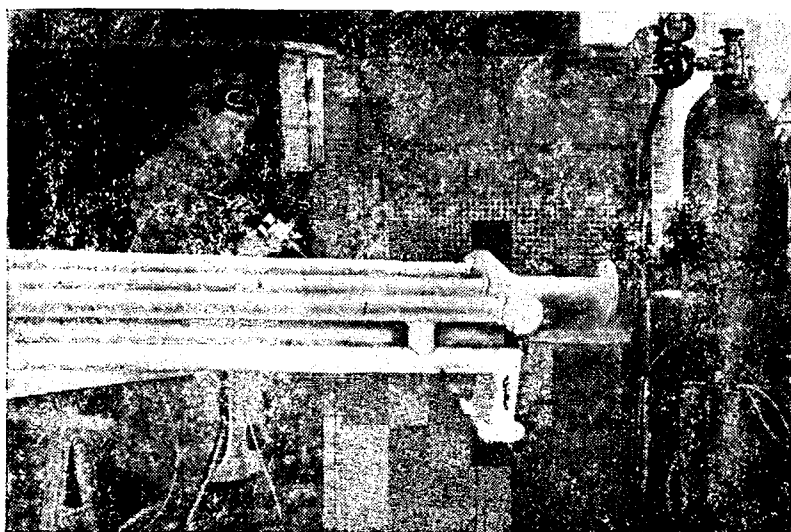
Температура эксплуатации	Рекомендуемая толщина алюминиевого покрытия мм
700—800°	0,2—0,3
800—900°	0,4—0,5
900—1000°	0,5—0,7

Практика, однако, показывает, что покрытиями с толщиной более 0,3—0,5 мм пользоваться нецелесообразно, так как с увеличением этой толщины заметного увеличения глубины диффузии не наблюдается вследствие стекания излишков алюминия при расплавлении и быстрого его выгорания.

Фиг. 84 иллюстрирует момент металлизации крупной детали для алитирования.

Обмазка покрытия.

Для защиты покрытия от окисления при обжиге, а также для удержания расплавленного алюминия от стекания поверх металлизационного слоя наносится слой обмазки. В качестве обмазки в отечественной практике исполь-



Фиг 84. Металлизация трубчатой секции алюминием для повышения жароустойчивости.

зуется преимущественно жидкое стекло (растворимый силикат натрия или калия).

Обмазка покрытой алюминием поверхности производится кистью, почему применяемый силикат по консистенции должен быть не очень вязким. Обмазка производится в 2—3 слоя, причём каждый из последующих слоёв наносится только после высыхания предыдущего.

Для удобства наблюдения за равномерностью покрытия в прозрачное жидкое стекло добавляется какой-либо из красителей, например эозин, или

более доступный ультрамарин. Для удобства приготовления краситель сначала растворяется в небольшой порции силиката, который прибавляется к остальному количеству.

Обильная обмазка силикатом безвредна, в то время как очень тонкая нежелательна.

Обжиг. По высушивании обмазки изделие подвергается обжигу при следующем режиме:

начальная температура обжига	600—650°
быстрый нагрев	до 900—950°
выдержка при температуре	900—950° (2,5—3,5 часа)
медленное охлаждение	до 600—650°

Далее возможна выгрузка из печи и нормальное охлаждение на воздухе.

Поверхность изделия после обжига обычно покрыта коркой спекшегося жидкого стекла, удаление которой не является необходимым, так как в процессе эксплуатации её отделение происходит самостоятельно. При необходимости удаления корки удобнее всего пользоваться пескоструйной очисткой.

Если обжиг представляет затруднения, изделия после металлизации и обмазки могут быть пущены прямо в работу, с тем чтобы процесс диффузии осуществился непосредственно в эксплуатации изделия.

Так как энергичная диффузия имеет место при температурах не ниже 800—850°, то пуск изделия в работу без предварительного обжига возможен только при условии, если рабочая температура эксплуатации изделия не ниже 850°.

В подобных случаях при пуске изделия в работу по возможности следует стремиться к поддержанию в первые часы температурного режима, рекомендуемого для обжига.

Следует учесть, что при пуске изделия в работу без предварительного обжига качество алитирования может быть значительно снижено.

3. Варианты технологического процесса алитирования

Основной недостаток алитирования, осуществляемого с применением металлизации, заключается в том, что нанесённый при обжиге на изделие алюминий диффундирует в сталь гораздо медленнее, чем происходит его выгорание. Вследствие этого лишь незначительное количество алюминия успевает диффундировать в изделие, тогда как большая его часть сгорает и превращается в окислы, препятствующие алитированию и образованию равномерного по глубине и насыщенности алюминием диффузионного слоя.

С целью уменьшить вредное влияние окислов и улучшить условия диффузии алюминия предложены различные варианты и видоизменения технологического процесса. Например, в Англии, Франции и Германии запатентованы методы обработки, указанные в табл. 46.

В Америке также имеется несколько запатентованных и засекреченных фирмами способов, из которых известны три (63):

а) способ № 11, обеспечивающий защиту стали при температурах до 930°;

б) способ № 33, дающий защиту при температурах до 980°, при условии отсутствия сернистых газов;

в) способ № 45 обеспечивает защиту до 980°, независимо от наличия сернистых газов.

Таблица 46

Режимы алитирования металлизированных изделий

Способ	Обмазка	Обжиг	
		температура нагрева	продолжительность в минутах
Английский . . .	Битуминозная краска . . .	780°	10
Немецкий	Жидкое стекло	800°	15
Французский . .	Насыщенный раствор буры	600°	30
Швейцарский	Смесь из солей:		
(62)	а) хлористого калия 28—30%		
	б) » натрия 24—30%		
	в) » лития 20—30%		
	г) криолита 10—20%		

Металлизация по способу № 33 и № 45 производится с применением специальных сплавов и специальных флюсов, после нанесения которых никакой термобработки не требуется и изделие может быть пущено непосредственно в работу.

Основной смысл рекомендуемой в табл. 46 кратковременности нагрева заключается в желании предупредить окисление алюминия во время образования диффузионного слоя. При этом имеется в виду, что дальнейшее насыщение поверхности стали алюминием должно происходить в процессе эксплуатации изделия.

Сравнительные испытания первых трёх из указанных в таблице методов (64) показывают, что наиболее эффективными являются немецкий и английский способы, употребление которых при 925° показало 20-кратное увеличение стойкости стали.

В одном из источников (65) для поглощения образующей в процессе нагрева окиси алюминия и превращения её в алюминиевый силикат в качестве плавня при алитировании рекомендуется применять пиридин (C_5H_5N). Нанесение слоя пиридина производится по алюминиевому покрытию путём обмазывания или окунания, после чего следует дополнительная обмазка жидким стеклом.

Естественно, что наилучшим способом предотвращения образования окислов во время обжига является диффузионный обжиг без доступа воздуха, который, однако, малодоступен и применяется очень редко.

В практике Московского автозавода им. Сталина алитирование с применением металлизации осуществляется по несколько отличному методу, предложенному инж. С. В. Грековым (авторские заявки № 6575 и 28873).

По способу Грекова непосредственно после окончания металлизации на поверхность алюминиевого покрытия (с толщиной слоя 0,3—0,5 мм) наносится 10—20%-ный раствор хлористого алюминия или другой хлористой соли, после чего производится обмазка жидким стеклом. До того как жидкое стекло успеет высохнуть, на его непросохшую поверхность посыпается мелко просеянный кварцевый песок. По высыхании первого осыпанного песком слоя поверх него рекомендуется нанести второй слой жидкого стекла.

Изделия с высушенной обмазкой для термообработки загружаются в печь с температурой $600-700^{\circ}$, которая постепенно доводится до $1200-1250^{\circ}$. Продолжительность выдержки при этой температуре в зависимости от толщины стенок изделия составляет от 15 до 40 мин., после чего следует снижение температуры до 600° и выгрузка для медленного, нерезкого охлаждения на воздухе. Корка сплавившегося с песком жидкого стекла при охлаждении растрескивается и отпадает, обнажая чистую алитированную поверхность.

В целях ускорения процесса алитирования по способу инж. Грекова наиболее целесообразно производить, пользуясь двумя печами с температурой $600-700^{\circ}$ и $1200-1250^{\circ}$.

Тогда подогрев в первой печи производится всего в течение 15—30 мин., после чего изделия переносятся во вторую печь, откуда после выдержки в 15—40 мин. вновь переносятся в первую печь, где охлаждаются до её температуры ($600-700^{\circ}$), при которой производится выгрузка.

Произведённые на ЗИС исследования показывают, что алитированная по способу Грекова (66) простая углеродистая сталь при 1000° обладает большей жаростойкостью, чем специальные стали ЭИ-69, силхром и ЭИ-107.

При алитировании по способу Грекова вследствие применения для обжига высоких температур, при которых процесс диффузии протекает наиболее интенсивно, толщина образуемого диффузионного слоя обычно выше, чем в других случаях, и при особо благоприятных условиях может достигать 1,0 мм.

Алитирование с применением металлизации успешно используется для повышения жаростойкости цементационных ящиков, разливочных ковшей; электротиглей, поддонов, различных деталей термических печей, топливных камер, кожухов для термонап и т. п.

В Советском Союзе на ряде крупных предприятий существуют металлизационные мастерские, занимающиеся только выполнением работ по алитированию большого количества потребляемых тиглей, цементационных ящиков и др.

В Англии в настоящее время из всех способов алитирования преимущественное применение имеет метод алитирования с помощью металлизации, который в годы войны приобрёл особенно важное значение и в широких масштабах используется в военной промышленности, но детали которого в печати не публикуются (53).

Д. РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

1. Декоративные покрытия

Благодаря возможности нанесения металлических покрытий на поверхность самых разнообразных материалов метод распыления успешно применяется в декоративных целях.

В частности металлизация используется как средство отделки и художественного оформления в архитектурно-строительном деле, где её эффективность доказана многочисленными примерами отечественной практики (станции московского метрополитена, здание Правительства в Киеве, павильоны ВСХВ, строительство канала Москва — Волга и др.).

В большинстве случаев применение металлизации имеет целью не только получение красивого внешнего вида, но и замену цветных металлов гипсом, цементом и другими простыми материалами.

Предназначаемые к металлизации изделия из гипса, цемента, керамики и других строительных материалов должны быть хорошо высушены, не должны иметь жировых загрязнений и иметь достаточно шероховатую поверхность.

При применении гипса предпочтительнее пользоваться не штукатурным, а модельным гипсом, с затворением его не водой, а 0,2—0,35 %-ным раствором столярного клея.

При изготовлении гипсовых, а также цементных изделий, формы для них ни в коем случае не должны смазываться стеарино-парафиновыми смесями, вместо которых следует употреблять мыльные эмульсии и производить протирку формы тальком.

Содержание влаги в предназначенных к металлизации изделиях не должно превышать для гипса 5% и для цементных изделий 3—4 %.

Очень гладкие поверхности перед металлизацией подвергаются слабой пескоструйной обработке мелким песком.

При нанесении покрытий из тугоплавких металлов (меди, латуни, бронзы), а также алюминия необходимо предварительное покрытие изделия тонким слоем свинца или цинка, что уменьшает проницаемость покрытий для атмосферной влаги, а также обеспечивает необходимую прочность сцепления, которая без применения свинцового или цинкового подслоя оказывается неудовлетворительной.

Произведённые Академией архитектуры СССР испытания (67) показали, что атмосферные воздействия и резкие колебания температуры (от +15 до —20°C) не оказывают влияния на механические качества и прочность сцепления металлизационных покрытий, нанесённых на изделия из гипса и цемента.

Для придания металлизационным покрытиям чисто металлического вида они подвергаются отделке, осуществляемой крацевкой (стр. 46) а также обычными приёмами шлифовки и полировки. Отделка поверхности указанными способами требует большой тщательности и осторожности, без соблюдения которых тонкое металлизационное покрытие может быть легко повреждено (особенно на углах и гранях).

После механической отделки металлизационные покрытия часто подвергаются химическому окрашиванию (оксидировке), с помощью которого им могут быть приданы самые разнообразные цвета и оттенки. Рецептура для химического окрашивания весьма многочисленна и имеется в специальной литературе (67) (68).

Возможность получения высокохудожественного эффекта при металлизации в декоративных целях подтверждается наличием в павильонах СССР на парижской и Нью-Йоркской выставках многих макетов и экспонатов, металлизированных различными металлами.

2. Заделка кавитационных дефектов

Кавитация представляет собой один из специфических видов разрушения турбинных колёс, лопастей насосов и судовых гребных винтов и является результатом действия на поверхность металла гидравлических ударов, под влиянием которых имеет место также интенсификация процессов коррозионного разрушения.

Кавитация вызывает образование на поверхности изделия многочисленных

и различных по форме и величине раковин, часто занимающих значительные площади (фиг. 85).

Металлизация распылением является весьма эффективным средством заделки кавитационных дефектов и в этих целях широко применяется за границей.

Технология заделки кавитационных дефектов мало чем отличается от технологии заделки раковин.

В США исправление кавитационных дефектов производится в следующем порядке (69).

Прежде всего с помощью автоматического зубила производится вырубка и удаление всего поздреватого металла, который выбирается так, чтобы образовалось сплошное углубление с достаточно ровным дном и с краями, подрубленными под ласточкин хвост.

Поверхность подготовленного углубления, а также на 15—20 см вокруг него подвергается пескоструйной очистке с применением не бывшего в употреблении абразива лучшего качества, после чего следует металлизация углубления до заполнения его соответственным металлом.

Специально поставленными опытами (70), (71) выяснено, что при заделке стальных лопаток турбин наилучшие результаты обеспечивает применение нержавеющей стали. Например, срок службы лопаток, металлизированных пристой сталью, составил

всего 3 мес., в то время как нержавеющая сталь даже после 18 мес. эксплуатации не обнаружила никаких признаков новой кавитации.

Следует отметить, что без применения предварительной вырубки заделка кавитационных раковин по отдельности ведёт к образованию больших неровностей, последующее удаление которых крайне затруднительно. В тех же случаях, когда участки кавитированной поверхности разделяются заранее, получаемая после металлизации поверхность требует лишь самой незначительной обработки.

В заграничной практике заделка кавитационных дефектов часто производится без демонтажа турбины.

3. Ремонт и повышение срока службы металлических моделей

Металлизация распылением может служить одним из полезных средств при ремонте металлических моделей.

Во многих случаях вместо обычно трудоёмких слесарных операций изношенные места моделей (бобышки, галтели и т. п.) могут быстро и просто наращиваться путём нанесения металлизационных покрытий необходимой толщины.

Металлизация осуществляется, как и во всех аналогичных случаях, после

пескоструйной подготовки, а также с применением трафаретов для защиты не подлежащих наращиванию поверхностей от металлизации.

Из проведённых на ЗИС опытных работ (72) следует, что для ремонта металлических моделей необходимо употреблять только цинк, который даёт прочное сцепление и отличается удобообрабатываемостью, позволяющей при необходимости осуществлять обработку покрытий на станках.

Металлизацией пользуются не только при ремонте старых моделей, но также и для покрытия новых металлических моделей для увеличения их устойчивости в отношении истирающего действия формовочных материалов.

Судя по заграничным данным, для этой цели пользуются медными покрытиями с толщиной слоя в 0,2—0,5 мм. Для обеспечения хорошего сцепления модель предварительно покрывается тонким слоем (0,03—0,05 мм цинка (73).

В большинстве случаев дополнительная обработка нанесённых на модели металлизированных покрытий не требуется.

По некоторым данным (74) металлизация новых моделей приводит к увеличению длительности их службы до четырёх раз.

4. Изготовление металлических моделей, форм и штампов

Значительный интерес представляет возможность применения металлизации для изготовления дубликатов моделей, форм и штампов.

Процесс их изготовления осуществляется согласно проводимой на фиг. 86 схеме.

Работа выполняется в следующем порядке. Сначала изготавливается негативная форма (фиг. 86, 2) требуемого изделия, для чего обычно применяются крепкие сорта формовочного гипса. Сложные контуры требуют изготовления отдельных складываемых и скрепляемых между собой слепков. Формы, подвергаемые металлизации тугоплавкими металлами, изготавливаются из материалов, стойких к высоким температурам.

По изготовлении негативной формы на её поверхность наносится металлизационное покрытие, как это показано на фиг. 86, 3. Для облегчения последующего вынимания из формы получаемой в результате металлизации оболочки, поверхность формы рекомендуется покрывать тонким слоем графита, воска и другими материалами, которые бы предотвращали прочное прилегание металлических частиц к стенкам формы.

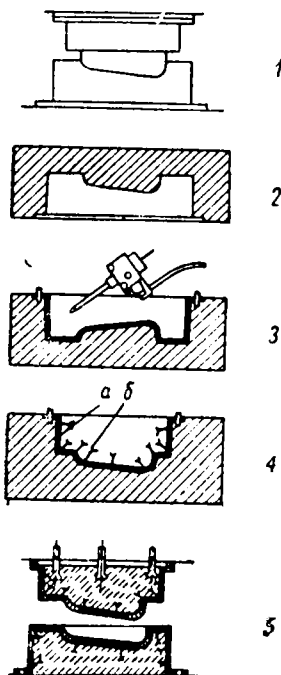
Выбор наносимого металла зависит от тех требований, которые предъявляются к изделию. Нанесение сталей, никеля, меди и других тугоплавких металлов представляет собой очень сложную задачу вследствие трудности нанесения первого слоя на более гладкую, чем это обычно требуется, поверхность.

После нанесения первого слоя на него, как это показано на фиг. 86, 4, устанавливается арматура *б*, которая закрепляется в оболочке *а* последующим откладыванием металла. Толщина готовой оболочки *а* должна обеспечить необходимую жёсткость получаемой формы и составляет минимум 3 мм.

При изготовлении штампов места, особенно сильно подверженные износу, например углы, металлизуют более толстым слоем и особенно прочным металлом.

Готовая оболочка заливается каким-либо прочным наполнителем, например цементом, и в окончательном виде собирается, как показано на фиг. 86, 5,

Следует отметить, что получение форм по приведённой выше схеме в практике встречает значительные технические трудности, вследствие которых в стадии имеющегося у нас в настоящее время опыта возможно изготовление только небольших форм из цинка и алюминия при условии, если их работа не сопряжена с ударно-динамическими нагрузками.



Фиг. 86. Схема изготовления металлических форм-моделей с применением металлизации:
1—воспроизводимый штамп;
2—негативная форма из гипса или другого материала; 3—нанесение первого слоя металла; 4—установка и закрепление арматуры; 5—готовый штамп после заполнения оболочки.

Основная трудность изготовления форм, моделей и штампов связана с невозможностью при обычных способах металлизации наносить на стенки формы толстые покрытия из стали и других тугоплавких металлов вследствие их коробления и отслаивания. Кроме того, небольшая механическая прочность и хрупкость покрытий затрудняют их использование в чистом виде, например для изготовления ударно-работающих штампов.

Помимо указанного, как это показывают результаты проведённых Оргметаллом опытных работ по изготовлению металлических моделей больших размеров (77), имеется ряд других требующих разрешения вопросов. К ним относятся: подбор материала для изготовления обратной формы, позволяющего получать удовлетворительное сцепление наносимого покрытия и обеспечивающего лёгкое удаление образуемой металлической оболочки; нахождение рациональных способов армирования получаемой оболочки для увеличения её прочности и устранения возможности деформации; подбор не дающего усадки наполнителя для заполнения оболочки и др.

На основании изложенного следует, что изготовление с помощью металлизации штампов в данное время является областью, совершенно не освоенной. Возможность изготовления алюминиевых форм и моделей больших размеров принципиально доказана, но не имеет точно установленной и достаточно проверенной технологии.

Изготовление небольших форм и моделей не представляет никакой трудности и используется в практике.

В последнем случае обратная форма изготавливается из гипса, на который после его тщательного просушивания наносится металлическое покрытие соответственной толщины. В качестве металлов употребляются только цинк или алюминий. При применении алюминия предварительно наносится тонкое цинковое покрытие.

Освобождение металлической оболочки производится путём размачивания гипса и его удаления в мокром виде. В качестве заполнителя оболочки применяются гипс, цемент или пластмассы.

Металлизацией также пользуются для увеличения стойкости гипсовых моделей, применяемых при изготовлении штампов на келлеровских копировально-фрезерных станках.

5. Металлизация деревянных моделей и других изделий из дерева

Металлизационные покрытия, наносимые по дереву, обладают прекрасной с ним сцепляемостью (при пробе на разрыв $5-10 \text{ кг/мм}^2$) и в состоянии придавать его поверхности соответственные металлические свойства. Это делает возможным применение металлизации дерева в самых разнообразных как технических, так и декоративно-художественных целях.

Металлизации могут подвергаться изделия из любых древесных пород, за исключением пород, содержащих большое количество смолы, которая препятствует надлежащему сцеплению покрытия.

Наиболее пригодной для металлизации древесной породой считается липа; в одинаковой мере хорошие результаты дают другие, более твёрдые, породы — клён, ясень, берёза и др.

Для получения удовлетворительных результатов необходимо, чтобы древесина не обладала избыточной влажностью и подвергалась металлизации в воздушно-сухом состоянии (с влажностью в $10-15\%$).

В качестве способа подготовки гладких деревянных поверхностей применяется пескоструйная обработка, производимая мелким песком под минимальным давлением, или прошкуривание крупной стеклянной бумагой (№ 4—5), проводимое в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

В условиях металлизации дерева самый существенный недостаток покрытий нормальной толщины заключается в их влагопроницаемости, вследствие которой металлизационные покрытия не обеспечивают защиты дерева от поглощения влаги, как при намокании, так и под действием сырости.

Специальные опыты Лесного института Индии показали, что под влиянием изменений атмосферной влажности набухание дерева, металлизированного оловом, свинцом и цинком, т. е. легкоплавкими металлами, уменьшается на $30-50\%$ сравнительно с ничем не обработанным деревом. Наоборот, тугоплавкие металлы сколько-нибудь заметной защиты дерева от атмосферной влажности не дают.

В условиях погружения в воду металлизационные покрытия как из легкоплавких, так и из тугоплавких металлов не уменьшают, а скорее увеличивают водопоглотительную способность дерева, набухание которого вызывает образование в покрытии трещин, что ведёт к ослаблению связи и к отслаиванию металла.

Металлизация деревянных моделей в качестве самостоятельного средства их защиты от вредного действия влаги формовочных земель, как это следует из изложенного, не может иметь никакого применения.

Однако нанесение металлизационных покрытий в комбинации с последующей окраской даёт прекрасные результаты и оказывается весьма целесообразным.

Например, из опыта завода «Красный треугольник» (76) следует, что срок службы металлизированных и окрашенных деревянных моделей сравнительно с обычными неметаллизированными моделями увеличивается в среднем до 25 раз и всего лишь на 25% ниже стойкости таких же моделей из бронзы и алюминия.

Указанные данные относятся к небольшим моделям для отливок с весом порядка 2 кг.

В Америке при металлизации литейных форм и шпательных ящиков, производимой для защиты от абразивного действия песка, модель сначала покры-

вается слоем шеллака, на который в ещё не высохшем вязком состоянии наносится металлическое покрытие (77).

Обработка модели производится в обычном порядке: после лёгкой пескоструйной обдувки поверхности производится нанесение свинцового или цинкового покрытия с толщиной слоя 0,3—0,5 мм.

Для получения наиболее стойких к истиранию покрытий рекомендуется нанесение подслоя из свинца или цинка толщиной 0,1—0,2 мм, поверх которого наносятся алюминий, бронза или медь на толщину порядка 0,1—0,15 мм.

Во избежание перегрева металлизацию производят при быстром перемещении пистолета и при расстоянии от поверхности в 150—200 мм.

Нанесённое покрытие без всякой дополнительной обработки подвергается окраске обычным модельным лаком, который устраняет проницаемость покрытий и прекрасно удерживается на шероховатой поверхности покрытия.

Из других многообразных видов применения металлизации дерева заслуживают внимания её широкое использование в Германии и Швейцарии для нанесения металлических покрытий на деревянные пропеллеры самолётов, применение для предотвращения гниения, для защиты дерева в тропических странах от действия термитов, для увеличения огнестойкости изделий (например декораций), для художественной отделки и др.

6. Металлизация в электротехнических целях

В области электротехники металлизационные покрытия находят весьма разнообразное применение.

Вследствие окисления металла при распылении, а также пористости покрытий их электрические свойства оказываются не вполне тождественными сравнительно с тянутым или катаным металлом. Кроме того, по причине шероховатости покрытий величины действительной и кажущейся их поверхности очень различны, что имеет некоторое влияние на поверхностную проводимость.

Так как в электротехнических целях применяются преимущественно тонкие покрытия, отличающиеся особенно низкой плотностью, изменения их электрических свойств оказываются особенно заметными.

Например найдено (78), что плотность и удельный вес тонкослойных (менее 0,1 мм) медных покрытий, сравнительно с литым металлом, составляет всего около 60 %, что является одной из основных причин значительного уменьшения их проводимости, которая от проводимости обычной меди составляет всего около 12 %.

Интересно, что сопротивление медных и цинковых покрытий близки друг к другу и более чем вдвое меньше сопротивления алюминиевых покрытий (79).

Нанесение токопроводящих металлизационных покрытий производится также, как и обычно.

Если вследствие хрупкости или по другим причинам пескоструйная очистка поверхности оказывается невозможной, часто пользуются нанесением на поверхность тонкого слоя крепко сцепляемого и легкоудаляемого вещества (например целлюлозного, глипталевого или других лаков, клеев и т. п.), поверх которого накладывается хорошо сцепляемое с ним металлизационное покрытие.

Возможности практического применения металлизации в области электротехники видны из следующих характерных примеров.

Металлизация проходных фарфоровых изоляторов для трансформаторного тока производится для создания на изоляторах поверхности, находящейся под определённым потенциалом (корона-эффект) (80). Металлизация изоляторов имеет промышленное значение и в течение многих лет применяется рядом отечественных предприятий.

Металлизация электронных ламп для радиоприёмников, а также применяемых в радиовещании трубок с экранирующей сеткой производится в больших масштабах.

Процесс металлизации радиоламп и некоторых других изделий в настоящее время усовершенствован и за границей выполняется с помощью специально изготовляемых высокопроизводительных автоматов. Нанесение металлического покрытия осуществляется по слою предварительно нанесённого на стекло желатина или лака.

Изготовление конденсаторов как для токов высокого напряжения, так и для слаботочной электротехники производится путём металлизации стеклянных пластин или конденсаторной бумаги.

Получение контактирующей поверхности может быть достигнуто в отношении самых разнообразных материалов и в различных целях. Например, металлизации подвергаются электроугли и щётки, контактирующие поверхности различных элементов сопротивления, сетевых нагревателей и т. д.

С помощью металлизации возможно подведение тока и припаивание проводника к стеклу, керамике и даже дереву.

Для улучшения качества контактирования и уменьшения сопротивления в местах рельсовых соединений на электрических железных дорогах Германии, Англии и других стран вместо применявшихся ранее медных соединительных пластин пользуются металлизацией стыков рельс и стыковых накладок цинком.

Как выяснилось в результате наблюдений, сопротивление медных пластин во всех случаях вдвое превышает сопротивление оцинкованных стыковых накладок. В отношении экономичности металлизация стыков рельс и накладок к ним является более выгодной, чем установка медных проволоочных соединений. С указанной целью металлизация использована при оборудовании всего рельсового пути московского метро.

Применение для экранирования в радиотехнике, рентгено-технике, для подавления интерференции при диатермии и ультрафиолетовом облучении и в других случаях часто делает металлизацию исключительно рациональной и заменяющей менее удобные или более дорогие способы экранирования.

Металлизация ткани используется для покрытия платья в целях защиты от действия токов высокого напряжения.

Благодаря сохранению эластичности металлизированная ткань употребляется также при диатермии, где её применение взамен свинцовых накладок устраняет возможность ожогов.

Металлизация аэроэстатной ткани устраняет опасность от электростатических разрядов в атмосфере.

Получение нагревательных приборов производится нанесением на любое огнеупорное основание соответственного металла, папыаемого полосами через трафарет со спиралевидными или зигзагообразными вырезами.

Вследствие малой плотности металлизационных покрытий и окисленности

каждой из составляющих его частей, тонкие покрытия расплывённого металла имеют в 10 раз более высокое сопротивление сравнению с литым металлом.

Это обстоятельство позволяет изготавливать особенно компактные и удобные как переносные, так и стационарные электронагревательные приборы с использованием в качестве элементов сопротивления покрытий из алюминия, наносимых на стекло.

Таким способом изготавливаются устройства для стенного обогрева помещений, компактных полов и т. д.

При этом, например, радиатор из двух стеклянных пластин размером 400×500 мм каждая, снабжённый узором из 30 полос 45×10 мм напылённого алюминия, при 100 в потребляет 1000 вт на каждую из пластин и даёт температуру в 130° (87).

7. Металлизация стекла

Если не ставится задача получить светоотражающую поверхность, металлизация стекла производится так же, как и других хрупких материалов, т. е. с применением для подготовки поверхности пескоструйной обработки мелким песком под небольшим давлением.

Однако наибольшее значение имеет металлизация стекла именно с целью получения светоотражающих поверхностей, требуемых при изготовлении различных сортов технических зеркал.

В настоящее время установлено, что зеркала, получаемые по способу металлизации, сравнительно с обычными амальгамированными, отличаются исключительно высокой стойкостью, что делает их незаменимыми в условиях эксплуатации под воздействием самых суровых атмосферных влияний.

Испытаниями Научно-исследовательского института ГУИОСДОР установлено, что даже кипячение и нагревание до 200° не вызывает ни разрушений, ни ухудшения отражающей способности металлизированных зеркал, в то время как амальгамированные зеркала разрушаются даже от воздействия паров воды при комнатной температуре.

Вследствие большого распространения технических зеркал (катафоты, светоторы, сигнальные устройства, осветительная электроарматура и т. д.) и малой стойкости и дороговизны серебряной амальгамы получение специальных зеркал с помощью металлизации имеет промышленное значение.

Для получения рефлектирующей стеклянной поверхности стекло в нагретом почти до пластического состояния виде подвергается металлизации алюминием (82). Опыт показывает, что наиболее существенным при этом является правильный выбор температуры нагрева, а также создание условий, обеспечивающих быстрое охлаждение изделия при металлизации (83, 84). Обычно требуемая температура нагрева стекла в зависимости от его сорта лежит в пределах $220-360^{\circ}$ и устанавливается опытным путём. При температурах больших или меньших оптимальной отражающая способность зеркала оказывается сниженной.

Во избежание резкого охлаждения как нагрев, так и металлизация изделия производится в особой нагревательной форме, позволяющей поддерживать необходимую температуру изделия во время нанесения металлизационного покрытия.

Наносимое покрытие должно обеспечивать полное укрытие стекла от просвечивания, для чего требуется слой толщиной в $0,1-0,2$ мм.

По окончании металлизации режим охлаждения изделия должен предусматривать меры, устраняющие возможность образования трещин; что в большинстве случаев требует применения соответственных сортов стекла.

Практика работ показывает, что по условиям охлаждения металлизация нагретого стекла с помощью электрометаллизационного аппарата, работающего под давлением сжатого воздуха 6 атм, представляется более затруднительной, чем при применении газового пистолета немецкого типа (давление воздуха — 2,5 атм).

Перед пуском в работу подлежащая металлизации поверхность подвергается тщательной очистке от загрязнений путём обтирки бензином и промывки в тёплой мыльной воде без последующего вытирания.

По данным Академии коммунального хозяйства коэффициент отражения стеклянных рефлекторов составляет 65—70% (85).

Способность нагретого стекла очень прочно сцепляться с наносимым алюминием используется и в строительной технике. Например, в США имеется выставочное здание высотой 15 м, выстроенное из пустотелых стеклянных блоков. Грани блоков спаяны между собой припоем, для чего они предварительно подвергались металлизации алюминием, поверх которого для обеспечения возможности пайки наносился тонкий слой меди.

8. Металлизация для защиты поверхности от науглероживания при цементации

При цементации защита мест, не подлежащих науглероживанию, производится различными способами, из которых наиболее распространённым является способ гальванического осаждения меди. Когда гальванический способ защиты оказывается недоступным, обычно пользуются различными обмазками, специальными пастами и т. п., которые, однако, имеют склонность к растрескиванию и не обеспечивают надёжной защиты поверхности от проникания углерода. В подобных случаях использование металлизации по сравнению со всеми другими способами отличается безусловными преимуществами, заключающимися в надёжности, скорости и дешевизне её применения.

Металлизация производится медью на толщину порядка 0,1—0,2 мм. По данным специальных опытов Оргаметалла (86) следует, что при толщине металлизационного покрытия в 0,05 мм цементация даёт почти одинаковые результаты, как и при защите гальваническими покрытиями.

Подготовка подлежащей металлизации поверхности производится пескоструйной очисткой, выполняемой под низким давлением в 1—2 атм и с применением мелкого песка.

Более тщательная подготовка не рекомендуется, так как может вызвать излишние затруднения при отделении покрытия после окончания цементации.

Перечисленные примеры применения металлизации представляют собой лишь наиболее характерные области применения и ни в коей мере не охватывают всех разнообразных случаев её использования, в том числе в области кино, типографского дела, медицины и др.

Большая универсальность металлизации, допускающая с её помощью выполнение самого широкого и разнообразного круга работ, делает металлизационную установку почти на каждом предприятии необходимой и рентабельной.

ВРЕДНОСТЬ РАБОТ ПО РАСПЫЛЕНИЮ МЕТАЛЛОВ

Работы по металлизации относятся к категории вредных, что соответственным образом должно учитываться как при организации рабочего места, так и при назначении мер по охране труда.

При выполнении металлизационных работ могут иметь место следующие вредные моменты:

- | | |
|--|---|
| 1. Образование минеральной пыли | При пескоструйной подготовке поверхности к металлизации |
| 2. Образование металлической пыли | В процессе распыления металлов |
| 3. Образование продуктов сгорания газа | Только в случае работы на пистолетах газового типа |
| 4. Образование паров металла | При работе на пламени с чрезмерно высокой температурой |
| 5. Действие света } вольтовой дуги | Только при работе на пистолетах электродугового типа |
| 6. Выделение шума | То же |

Кроме указанного, в некоторых источниках отмечается, что во время электрометаллизации от воздействия горячей дуги на кислород воздуха имеет место образование заметных количеств озона. Количество образуемого озона, а следовательно и степень его вредности для организма, до настоящего времени не установлены.

1. Образование минеральной пыли является неизбежным при всех видах пескоструйных работ, почему организация их требует применения специального оборудования для предотвращения распространения пыли и защиты от неё рабочего.

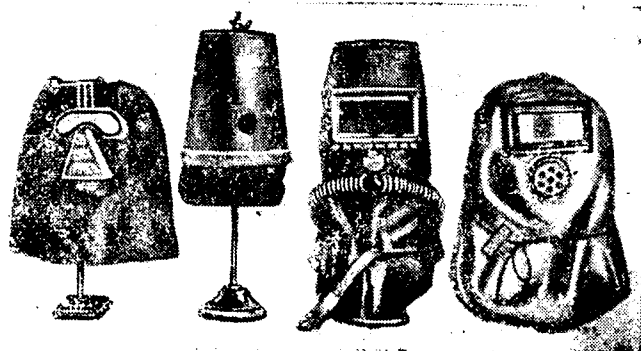
Меры охраны труда при организации и выполнении пескоструйных работ сводятся к устройству хорошо действующей вентиляции и защите от пыли дыхательных путей, глаз и кожи рабочего применением специальной спецодежды.

Соблюдение указанных мер особенно важно при работах в пескоструйных камерах, закрытых резервуарах и т. д. При этих работах основной принадлежностью спецодежды рабочего является шлем-скафандр, различные типы которого показаны на фиг. 87. Подаваемый в скафандр для дыхания рабочего воздух подлежит обязательному фильтрованию. Для питания скафандра воздухом во многих случаях удобно пользоваться специальным прибором ДНА-4, снабжённым портативной воздухоудержкой, подтянутой воздухом по шлангу, посредством небольших электромотора и вентилятора (87). Питание скафандра воздухом от масловодоотделителя МВО-II не может иметь места вследствие его заражённости парами сгорающего в цилиндрах компрессора масла.

Небрежное отношение к соблюдению правил охраны труда при пескоструйных работах совершенно недопустимо, так как связано с возможностью весьма опасного заболевания рабочего силикозисом, наступающего в результате осаждения в лёгких мельчайшей пыли кремнезёма. Силикозис вызывает

усиленное рубцевание лёгких и часто осложняется туберкулезом. Заболевание силикозсом происходит медленно и в ранних стадиях может быть обнаружено только с помощью рентгеновского исследования.

2. Образование металлической пыли связано с природой самого существа металлизации распылением, при котором значительная часть металлических частиц не сцепляется с поверхностью обрабатываемого изделия и попадает в воздух.



Фиг. 87. Различные устройства шлемов-скафандров для защиты рабочих при пескоструйной очистке и металлизации.

По указанной причине рабочие места в стационарных условиях требуют обязательного устройства отсасывающей вентиляции, в дополнение к которой, в зависимости от степени вредности распыляемого металла, рабочий обязан пользоваться респиратором или даже противогазом.

Необходимость пользования последними определяется как условиями работы, так и степенью токсичности (ядовитости) применяемых металлов, к которым относятся: свинец, кадмий, олово, цинк, латунь и медь.

Свинец в высшей степени ядовитый металл. попадание даже самых незначительных количеств его в организм человека вызывает свинцовое отравление и заболевание так называемой свинцовой болезнью, которая возникает даже при поступлении в организм человека всего 2 мг свинца в день. Поэтому при работах со свинцом требуется особенно тщательное соблюдение всех возможных мер предосторожности, устраняющих возможность попадания свинца в организм рабочего через дыхательные пути, кожу и вместе с пищей.

Признаками развивающейся свинцовой болезни служит побледнение кожи, вялость мускулов и малокровие.

Для предупреждения свинцового заболевания рабочие должны подвергаться регулярным медицинским исследованиям.

Принятие пищи и курение в рабочей одежде, вблизи рабочего места, так же как и работа без специальных защитных средств и спецодежды совершенно недопустимы.

Соблюдение мер индивидуальной чистоты (тщательное мытье, чистота одежды и проч.) при работах со свинцом имеет особенное значение.

Кадмий в отечественной практике применяется весьма редко. Металлическая пыль и пары кадмия вызывают раздражающее действие на носоглотку

и глаза. При отравлении кадмием наблюдаются головокружение, рвота, колики и др.

Олово при поглощении в большой дозе причиняет рвоту, но не вызывает серьёзных заболеваний и осложнений.

Цинк, в особенности пары цинка, вдыхаемые в больших количествах, часто вызывает заболевание «цинковой лихорадкой», действию которой особенно подвержены впервые работающие с ним или рабочие, приступившие к работе после большого перерыва.

Заболевание «цинковой лихорадкой» обычно кратковременно (3—4 дня) и характеризуется ознобом с повышением температуры.

В силу вырабатываемой организмом привычки лица, часто работающие с цинком, заболеваниям «цинковой лихорадки» не подвергаются.

Латунь, медь, бронза могут вызывать заболевание «металлической лихорадкой», природа и проявление которой аналогичны «цинковой лихорадке».

Другие металлы, применяемые для распыления, не токсичны, и попадание их пыли в организм человека не связано с повышенной опасностью заболевания.

Как из иностранных источников (88), (89), (90), так и из отечественной практики следует, что только работа со свинцом требует принятия особых мер предосторожности; металлизация же всеми остальными металлами при наличии хорошо работающей вентиляции является совершенно безопасной для здоровья и может производиться рабочими, охраняемыми только пылевыми респираторами.

3. Образование продуктов сгорания газа имеет место только при работе на пистолетах газового типа. Количество этих продуктов настолько невелико, что вредное их действие практически является неощутимым и во внимание не принимается.

4. Образование паров металла (в значительных количествах) является результатом применения пламени с температурой, намного превышающей температуру плавления металла.

При работе на пистолетах газового типа количество возгораемого металла очень незначительно и является следствием неправильной регулировки пламени.

Вследствие того, что в электрических пистолетах плавление металла происходит в пламени вольтовой дуги, весьма высокая температура которой в требуемом диапазоне регулируема быть не может, образование значительных количеств паров металла является неизбежным, что делает электрометаллизацию намного более вредной сравнительно с газовой металлизацией.

Особенно большое количество паров металла образуется при работе на легкоплавких металлах, при электрометаллизации которых вместо пылевых респираторов необходимо пользоваться более совершенными масками противогазового типа.

Наличие в воздухе паров металла легко определяется характерным металлическим запахом, обычно появляющимся при электрометаллизации в помещениях с недостаточно мощной вентиляцией.

5. Вольтова дуга требует защиты глаз очками с тёмными стеклами, применяемыми при электросварке (типа ТИС). Пользование синими очками не обеспечивает нужной защиты.

Вольтова дуга является источником излучения не только ультрафиолетовых, но и инфракрасных лучей, воздействие которых на незащищённые гла-

за может вызвать их тяжёлое заболевание. Даже кратковременное наблюдение за горением дуги без защиты глаз очками приводит к болезненному воспалению органов зрения и временной потере трудоспособности.

Длительное воздействие ультрафиолетовых лучей на кожу вызывает серьёзные ожоги, почему работа на электропистолете со спятым защитным колпачком производиться не должна.

6. Шум в размерах, действующих на утомляемость рабочего, наблюдается только при работе на электрических пистолетах.

Полное устранение шума при работе на применяемых в настоящее время конструкциях электропистолетов является невозможным вследствие особенностей их устройства и природы горения дуги. Однако значительное уменьшение шума может быть достигнуто тщательной наладкой и регулировкой пистолета.

Применительно к условиям работы металлizaционных цехов специальных средств для защиты от действия шума не разработано, почему в практике лишь немногие рабочие пользуются простейшими индивидуальными средствами, как, например, закрыванием ушей наушниками.

Профессиональная вредность работ по металлизации в Советском Союзе признана законами, в частности постановлением Совнаркома от 1/VII 1940 г. № 1120, согласно которому профессия шоопировщиков-металлизаторов, работающих на свинце, кадмни, цинке и меди, отнесена к категории профессий с вредными условиями труда, для которой установлен 6-часовой рабочий день независимо от того, в какой области хозяйства они работают.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. В. Антошин, Отчёт по работе на МАРЗ-2, Оргаметалл, 1938.
2. В. Кумминг, Восстановление изношенных деталей, SAE Journal, 1942, 50-4-139.
3. Т. Эвертс, Прочность сцепления покрытий из цинка и стали, нанесённых по способу распыления, Z. für Metallkunde, 1937, 28-2-163/166.
4. В. П. Гертопан, Прочность сцепления покрытий, нанесённых по способу металлизации, Отчёт, Оргаметалл, 1938.
5. Г. Шенк, О прочности сцепления и плотности металлических защитных покрытий, напылённых методом Шоопа. Диссертация, 1933.
6. Геффт, Maschinenbau, 1935, № 22/24, стр. 682.
7. Дж. Фассбиндер и П. Сулери, Metal Industry, 1936, № 2 и 4.
8. А. И. Дейниченко, Исследование механических свойств покрытий, наносимых по способу металлизации. Диссертация, 1940.
9. Проф. Кесснер и Т. Эвертс, Твёрдость покрытий, Z. für Metallkunde, 1935, 27-5-104.
10. Б. Грановский, Modern Engin., 1937, № 7, стр. 303.
11. Р. Кунклер, Mechanic Engin., 1936, 58-1-639/640.
12. Д. Л. Рипс, Получение износоустойчивых покрытий методом металлизации распылением, Отчёт МТК Глававтогена, 1940.
13. МАРЗ-2, Восстановление изношенных автодеталей по способу электрометаллизации, Отчёт, 1938.
14. Г. Шоу, Поведение металлизационных поверхностей по отношению к смазке, Metallizer, 1938, 6-2-2/15.
15. Г. Шоу, Напылённые подшипники, Metal Industry, 1939, 54-15-415/418.
16. И. Клинов, А. Аббиндер и Р. Гвирц, Нанесение антифрикционных сплавов металлизацией, «Машиностроитель», 1940, № 5/6.
17. А. Т. Долженков, Исследование на трение восстановленных металлизацией деталей с.-х. машин. Диссертация, 1940.
18. Э. Мати, Техника металлизации распылением, Metal Progress, 1936, 29-4-52/56.
19. Х. У. Торман, Исследование процесса металлизации по Шоопу. Диссертация, 1933.
20. Е. И. Ролласон, Распыление металлов, Лондон 1939.
21. П. Бардгейер и Р. Миллер, Металлическая диффузия в железо из напылённых слоёв, Mitteilungen Kaiser Wilhelm Inst; 1932, 14, № 20.
22. В. Глидден, Iron Age, 1936, 137-15-49/51.
23. И. П. Догаев, Отчёт по работе на СТЗ, 1936/37 г., Оргаметалл.
24. Без автора, Пистолет Шори, Engineer, 1938, 166-4314-318 и Light Metals 1939, 2-16-187.
25. М. У. Шооп, Giesserei, 1941-28-1-9/10.
26. В. Касперович и В. Шооп, Электрораспыление металлов по М. У. Шоопу, 1920.
27. Без автора, Подготовка поверхности к металлизации, Machinist, 1939, № 28, 533.
28. Соколов, Технология производства металлического песка, «Литейное дело», 1936, № 3.
29. Мариенбах, Обрубка и очистка литья, ОНТИ, 1936.
30. К. Беннер, Как нужно производить напыление нержавеющей стали, Iron Age, 1941, 148-3-56/59.

31. В. Рид, Steel, 1941, 108-15-52/53.
32. Без автора, Приспособление для подготовки поверхности электрическим способом, Railway Mechanical Engin., 1943, 117-4-192.
33. Л. Кунклер, Подготовка поверхности к металлизации электрическим способом, Oil & Gas J., 1943, 42-6-66.
- 33а. Баллард В. и Лееч Е., Metallurgia, 1943, 28-165-105.
34. Р. Силлифант, Распыление стали, Iron & Steel Industry, 1937, № 15, 676.
35. А. Тикль, Iron Age, 1934, 134, 3, 15/17.
36. Дж. Гейлорд, Напыление бронзовых рубашек, Electrical World, 1937, 108-5-100.
37. Е. Тенджермен, Power, 1934, 78-12-661/3.
38. Р. Экслейн, Механическая обработка напылённых поверхностей, Metals & Alloys, 1941, 13-4-462.
39. Е. В. Антошин и В. М. Потоцкий, Металлизация напылением для восстановления изношенных деталей, Сборник МТК Глававтогеноа, 1941.
40. Руководство по оборудованию электрометаллических цехов, Сельхозпроект НКЗ, 1941.
41. В. Рид, Steel, 1941, 108-15-52/53.
42. Дж. Юнг, Металлизация на нефтеперегонных заводах, Petroleum Engineer, 1943, 14-10-225/227.
43. К. Кеншол, Metallizer, 1940, 8-3-4.
44. М. Кристенсен, Diesel Power, 1941, 19-1-58/54.
45. И. Десницкий, Реставрация чугунных поршней электрометаллизацией, «Автомобиль», 1943, № 6, стр. 16.
46. Е. В. Антошин, Применение металлизации для исправления литейных дефектов. Отчёт по работе на ЧТЗ МТК Глававтогеноа, декабрь, 1941.
47. Е. В. Антошин и В. Потоцкий, Металлизация распылением для исправления брака литья, Сборник 1941 г.
48. Технологические инструкции ЧТЗ и СТЗ по металлизации.
49. Е. А. Давыдовская, Подбор металлизационных покрытий для защиты аппаратов Брендвуд. Отчёт, Оргаметалл, 1938.
50. Инструкция фирмы Union Metallurgique.
51. С. Г. Веденкин, Коррозия металлических мостов и борьба с ней.
52. Е. А. Давыдовская и Л. П. Кестель, Установление объёмов применения металлизации в целях предохранения от коррозии. Отчёт, 1939 г.
53. В. Баллард, Iron Age, 1942-149-21-51/54.
54. Н. В. Катц, Металлизация распылением, Брошюра, 1942, г., изд. Харьковского Дома техники.
55. Е. А. Давыдовская и Л. Г. Морозова, Определение толщины покрытий, Отчёт, Оргаметалл, 1939.
56. Е. В. Антошин, Прибор для определения толщины покрытий. Отчёт, Оргаметалл, 1939.
57. Т. Эвертс, Z. f. Metallkunde, 1936, т. 27, стр. 164.
58. И. Я. Клинов, Определение пористости в покрытиях. Завод, Лабор., 1939, 2, 182/185.
59. Волховитинов, Металлография и термическая обработка, ГОНТИ, 1933.
60. Без автора, Биметалл и алитированное железо, ОНТИ, 1934.
61. Л. С. Бобков, Изучение техники алитирования, Отчёт, Оргаметалл, 1933.
62. А. Цеерледер, Аллюминиевые покрытия на железе, Korrosion und Metallschutz, 1936, № 10, стр. 275/83.
63. В. Рид, Новые процессы алитирования, Steel, 1940, 107. 23. 48/49.
64. Е. Ролласон, Металлизация распылением, Metall Progress, 1937, март, 306-18.
65. С. Л. Гарфункель и М. И. Бердников, Теория и практика процесса металлизации распылением, Гизместпром, 1940.
66. С. В. Греков, Алитирование как средство предохранения стали от окисления при высокой температуре, ЦИТЭИН «Стахановская библиотека», 1940.

67. М. П. Элинзон и Д. Л. Рипс, Металлизация архитектурных деталей, 1939.
68. А. Л. Зытнер и Н. П. Лапин, Отделка металлов химическим и электрохимическим окрашиванием, 1940.
69. Metallizer, 1940, т. 5, № 11.
70. Metallizer, 1937, т. 5, № 11.
71. Metallizer, 1938, т. 7, № 2.
72. Л. С. Бобков, Выявление целесообразности наращивания изношенных моделей путём металлизации распылением, Отчёт, Оргаметалл, 1934.
73. Metallizer, 1937, № 9.
74. Е. Т. Паркинсон, Металлизация в литейной Metallizer, 1940, т. 8, № 4, стр. 6/7.
75. Е. В. Антошин, Изготовление моделей путём металлизации. Отчёт, Оргаметалл, 1935.
76. Отчёт первой технической конференции по металлизации. Ленинград, 1936.
77. Без автора. Защитные покрытия литейных форм, Iron Age, 1943, 151-13-66.
78. Е. Е. Холлс, О плотности и электрических свойствах металлизационных покрытий, Industrial Gases, 1937, 16-3-124/7.
79. К. М. Домнич, Металлизация фарфоровых изоляторов. Отчёт технической конференции по металлизации.
80. Инструктивные материалы по металлизационным работам, Главэнерго, 1938.
81. Без автора, Напыление металлов при помощи пистолета, работающего на порошке, Light Metals., 1939, т. 2, № 16.
82. Дж. Маграт, Metall Industry, 1938, 53-6-123/125.
83. Е. В. Антошин и Д. Л. Рипс, Металлизация стеклянных светильников «АКХ», Отчёт по экспериментальной работе МТК Глававтогена, 1940.
84. В. М. Гутерман, Металлизация стеклянных трубочек для предохранителей «Бозе».
85. В. М. Гутерман, Металлизация стекла с целью получения рефлектирующей поверхности, Отчёт по работе НИИ Средмаш, 1939.
86. Л. С. Бобков, Предохранение частей поверхности при цементации от науглероживания путём металлизации распылением, Отчёт, Оргаметалл, 1935.
87. Лаборатория гигиены труда ж. д. им. Ворошилова, Дыхательный прибор для защиты от газов и пыли, Ростов н/Д 1938.
88. Metallizer, 1934, т. 9, № 1.
89. В. Маунт, Влияние распыления металла на здоровье рабочих, Machinist, 1940, 84-7.
90. А. Эйлес, Machinist, 1940, 84-27-295Е.
91. В. Е. Баллард, Металлизация для декоративных целей, Sheet Metal Industry, 1940, 14-159-717/750; Metallurgia, 1939, 19-112. 139/141.
92. Г. А. Войченко, Сравнительные испытания импортных металлизаторов «Мажестик» и «Могуль», Отчёт, 1940.
93. Г. Д. Вольперт, Покрытие распылённым металлом, изд. Текстильного института, 1940.
94. А. В. Грубер, Инертный газ в распылении металлов, Machinist, 1938, 82-15, 318/319.
95. В. И. Добряков, Алитирование. Литературный обзор, Оргаметалл, 1938.
96. Инструкция по технике безопасности, Оргаметалл, 1939.
97. Дж. Кэмпбелл, Металлизация распылением в электропромышленности, Metallizer, 1934, 9-3-5/7.
98. Н. Х. Китчен, Применение металлизации в текстильной и красильной промышленности, J. of the Soc. of Dyers & Colourists, 1936, 52-12-49/456.
99. С. Кларк, Определение толщины покрытий, Metall Ind., 1936, 49-17-402/22.
100. И. Я. Клинов и Р. А. Гвириц, Нанесение свинцовых покрытий методом металлизации для защиты химических аппаратов от коррозии, «Журн. промышл. орган. химии», 1939, № 3.
101. П. Ледеп, Новые детали вместо старых, Machinist, 1940, 84-12-164/5.

- 13 102. Х. Леланд, Металлизация в нефтепромышленности, Metallizer⁴, стр. 20/23; Oil. gas J., 1935, 33-45, 99; Oil & Gas J., 1934, № 48, 36/44.
103. Ф. В. Липперт, Микроскопический анализ распыленных металлов, Iron Age, 1934, 134-9-8/13.
104. М. Лоуренс, Распыление свинцово-оловянных сплавов, Metal Industry, 1939, 37-5.
105. Д. Т. Маграт, Как производить распыление металлов, Welding J., 1938, 17-6-16/21.
106. Без автора, Новый металлизатор «Марка 16», Engineer, 1939, № 4334, стр. 163.
107. Без автора, Пистолет для распыливания при ремонте корпусов автомобилей, Weld. Eng., 1937, 12-3-41.
108. Без автора, Работа с пистолетом Шори, Sheet Metal Worker, 1939, № 4, 29/30.
109. В. С. Рид, Применение металлизации на американских железных дорогах, «Амер. техн. и пром.», 1938, № 4.
110. В. С. Рид, Обзор применения металлизации в литейном деле, Metallizer, 1937, 5-8-2.
111. А. Тум и С. Ланге, Длительные испытания стерженьков из лёгких металлов с напылённым слоем стали, VDI., 1940, 84-38-718/720.
112. В. Хьюгс, Применение металлизации на силовых установках, Metallizer, 1940, 4-3-10.
113. Г. Шенк, Распыление металлов в сравнении с другими способами улучшения поверхности, VDI, 1936, 80. 39-1189/1192.
114. Р. Экслейн, Применение металлизации в промышленности, «Америк. техн. и промышл.», 1935, № 11, 543/45.
115. Р. Экслейн, Применение металлизации в авиапромышленности, «Америк. техн. и пром.», 1937, № 7, 335/7.
116. Р. Экслейн, Защита пловучих крыш нефтехранилищ от коррозии, Metallizer, 1935, стр. 9/10.

Вся перечисленная литература имеется в библиотеке МТБ Глававтогена.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ЗАМЕНЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛИЗАЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ ЭЛЕКТРОМОТОРАМИ ¹

Общие сведения

Специальный трансформатор, являющийся чрезвычайно дефицитным элементом в электрометаллизационных установках, может быть заменён менее дефицитным асинхронным электромотором трёхфазного тока с фазным ротором. Внешним признаком такого мотора является наличие контактных колец.

Каждый асинхронный электромотор с фазным ротором в заторможенном состоянии представляет собой силовой трансформатор, в котором обмотки статора являются первичной обмоткой, а обмотки ротора — вторичной. Напряжения на кольцах ротора всегда меньше, чем напряжение, подводимое к статору из сети, а ток в обмотках ротора больше, чем в обмотках статора.

Для целей металлизации подходящими являются электромоторы с фазным ротором, рассчитанные на мощность от 6,5 квт и выше. Напряжение на кольцах ротора для электромоторов мощностью от 6 до 25 квт в зависимости от конструкции и числа оборотов моторов колеблется от 75 до 200 в, а сила тока, отдаваемая ротором в реостат, — от 40 до 80 а. Для металлизации же требуется напряжение от 20 до 35 в, а сила тока — около 180 а. Как видно из этих цифр, необходимы некоторые переделки в роторной обмотке и изготовление простейших приспособлений. После переделки мотор не теряет свойства двигателя и после металлизации в случае необходимости может снова работать на механическом приводе.

Переделка электромотора для приспособления его в качестве трансформатора к аппаратам ЛК.

Прежде всего по табличке, имеющейся на электромоторе, или по его описанию устанавливают следующие данные:

- 1) мощность электромотора;
- 2) напряжение, на которое он рассчитан для питания от сети;
- [3) число оборотов;
- 4) напряжение на кольцах ротора;
- 5) силу тока в роторной обмотке.

В части статорной обмотки, если она не повреждена, обычно никаких переделок не требуется. Если же изоляция повреждена, необходимо статорную обмотку перемотать точно так же, как она перематывается при ремонте любого электромотора. Необходимо проверить обычным путём пригодность напряжения статора к условиям данной сети. Вся переделка мотора касается в основном ротора. Как известно, между числом оборотов трёхфазной машины и числом пар полюсов имеется строгая зависимость.

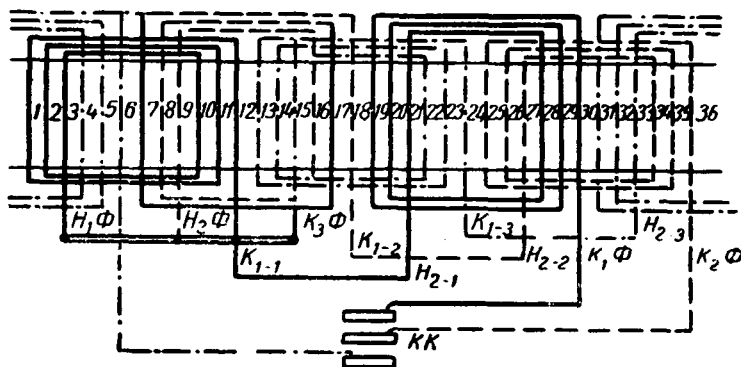
Если ротор делает 3000 об/мин (синхронных), то машина при 50-периодном токе имеет одну пару полюсов, при 1300 об/мин — 2 пары; при 1000 об/мин — 3 пары и т. д.

Число катушек фазных обмоток на роторе зависит от числа пар полюсов. Например, если машина имеет одну пару полюсов, то у неё на каждую фазу имеется только одна, а всего 3 катушки. При 1500 синхронных оборотах имеется по 2 катушки на фазу, а всего 6, при 100 об/мин — по 3 катушки на

¹ По методу инж. А. П. Златковского и А. Ф. Гребенко.

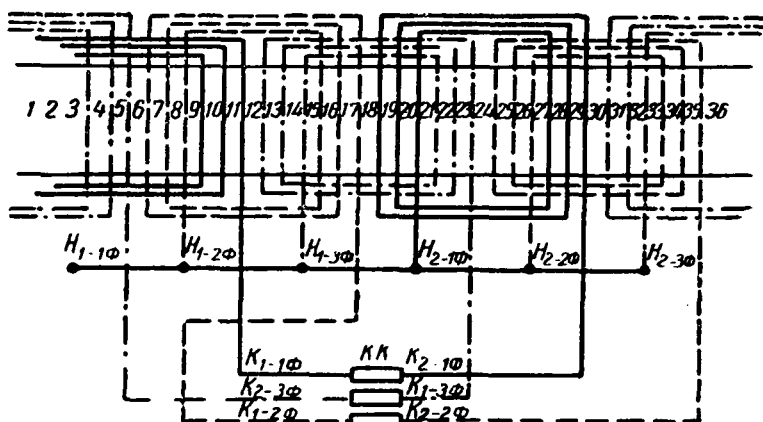
фазу, а всего 9. Обычно на роторе катушки одной и той же фазы соединяются последовательно, т. е. конец первой катушки первой фазы присоединяется к началу второй катушки той же первой фазы. Этим достигается увеличение напряжения на кольцах и уменьшение силы тока в пусковом реостате электромотора. Для нас же важно обратное, т. е. получение пониженного напряжения и увеличение силы тока. Для этого катушки одной и той же фазы нужно пересоединить с последовательного на параллельное соединение.

На схеме (фиг. 88) показано, как обычно соединён ротор электромотора, дающего 1500 синхронных оборотов в минуту.



Фиг. 88.

Здесь мы имеем всего 6 катушек, по 2 на фазу, и 2 пары полюсов. Одна пара полюсов соответствует 360 электрическим градусам. Всего в роторе на 2 пары полюсов приходится 36 пазов, на одну пару их будет 18. Начала катушек разных фаз должны быть сдвинуты на 120 электрических градусов, т. е. если считать по пазам, то на $\frac{1}{3}$ от 18 — на 6 пазов.



Фиг. 89.

На схеме первой (фиг. 88) мы видим, что через 3-й паз проходит начало первой фазы, через 9-й — начало второй и через 15-й — начало третьей фазы.

Все эти три начала соединены накоротко в нулевую точку ($H_1\Phi$; $H_2\Phi$ и $H_3\Phi$). Конец первой катушки первой фазы K_{1-1} соединён с началом второй катушки первой фазы H_{1-1} . Далее конец второй катушки первой фазы и вообще всей

первой фазы. K_1-10 подводится к одному из контактных колец K, K . Точно так же устроены обмотки других фаз.

Этот электромотор давал на своих контактных кольцах в заторможенном состоянии 128 в и силу тока в роторе — 60 а.

На схеме второй (фиг. 89) показано, как нужно произвести пересоединение, чтобы получить пониженное напряжение. Начала всех катушек (буква H со знаками) соединены в общую точку. Концы соответствующих фазных обмоток — K_1-10 соединяются с K_2-10 и выводятся на контактное кольцо. Точно так же соединяются и концы других фаз. Теперь мы имеем напряжение на кольцах, пониженное вдвое, т. е. вместо 128 в 64 в и силу тока на выводах — около 120 а, т. е. вдвое больше, чем раньше.

Как же дальше получить напряжение, нужное для металлизации? Для этого общую нулевую точку нужно вывести наружу или ещё лучше подсоединить специальным болтом к валу.

Теперь между любым контактным кольцом и корпусом электромотора напряжение будет меньше в 1,73 раза, т. е. около 37 в. В данном случае металлизаторы должны подсоединяться к зажимам между концами фазных обмоток и нулём (т. е. валом или корпусом).

Осциллятор может питаться от межфазного напряжения (64 в). Пе-

ределка электромотора, рассчитанного на 1000 синхронных оборотов в минуту, выполняется по аналогии с тем, что изложено выше для моторов на 1500 об/мин.

Здесь мы имеем ещё более выгодные соотношения, так как ротор таких машин имеет 9 катушек, т. е. по 3 на каждую фазу. Если их вместо последовательного соединения пересоединить на параллельное, то напряжение уменьшится втрое, а сила тока увеличивается втрое. Для примера исследуем приспособление электромотора МКА — 18/6 мощностью 8,8 квт при 1000 об/мин. Напряжение ротора 117 в, сила тока 49 а. Пересоединение на параллель трёх катушек каждой фазы даёт $117 : 3 = 39$ в, а между нулём и фазой $39 : 1,73 = 22,5$ в.

На фиг. 90 дан общий вид передельного электромотора на 1500 синхронных оборотов в минуту. На этой же фигуре видно простейшее и наиболее прочное тормозное приспособление. Оно состоит из муфты, насаживаемой на конец вала. Стопорным винтом (не показанным на фигуре) муфта прикрепляется к валу. Стопорный винт ввёртывается в шпоночную канавку. К муфте приварен рычаг, который одним концом вставляется в отверстие изогнутой полосы.

Эта полоса крепится болтами под лапы электромотора.

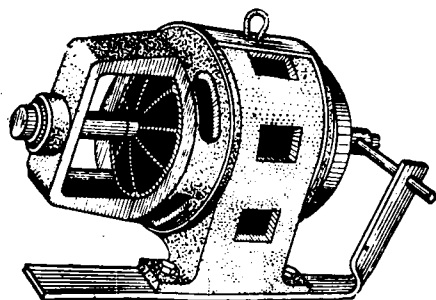
Общие схемы применения электромоторов в качестве трансформатора для металлизации

На фиг. 91 дана монтажная схема питания одного металлизатора от заторможенного асинхронного электромотора с фазным ротором. Буквой P обозначен трёхполюсный рубильник, посредством которого включается статор электромотора. Плавкие предохранители II защищают установку от коротких замыканий и аварийных перегрузок. Тормозное устройство показано буквой K .

На фиг. 92 дана коммутационная схема установки для варианта, когда на вал ротора выведена нулевая точка и питание металлизатора производится от одного из концов фазной обмотки ротора и нуля (корпуса мотора). Статорные обмотки на схеме соединены треугольником, но могут быть соединены в зависимости от напряжения сети звездой.

На фиг. 93 дан вариант коммутационной схемы питания одного электрометаллизатора, когда роторная обмотка соединена не в звезду, а в треугольник. Такая схема может быть весьма целесообразна для ряда случаев и её необходимо разработать более подробно.

Вернёмся к схеме на фиг. 89, в которой показана обмотка ротора после пе-



Фиг. 90

ресоединения. Произведём в ней следующие изменения. Вместо соединения в общую точку шести начал всех катушек соединим друг с другом только начала катушек соответствующих фаз, т. е. соединим друг с другом

точку $H_{1-1\phi}$ с $H_{2-1\phi}$
 » $H_{1-2\phi}$ с $H_{2-2\phi}$
 » $H_{1-3\phi}$ с $H_{2-3\phi}$

Полученные три отдельных конца выведем на специальную клеммную дощечку и назовём эти зажимы: $H-1$, $H-2$ и $H-3$. Концы обмоток соединим также друг с другом, как они соединялись с кольцами и раньше на фиг. 89, подведём их к трём другим зажимам клеммной дощечки и назовём $K-1$, $K-2$, $K-3$.

Таким образом, на доске будем иметь 6 выведенных концов. Чтобы осуществить соединение по схеме на фиг. 89, нужно замкнуть накоротко зажимы $H-1$, $H-2$, $H-3$ и перемычку соединить валом. Это будет соединение — звезда с нулевым выводом.

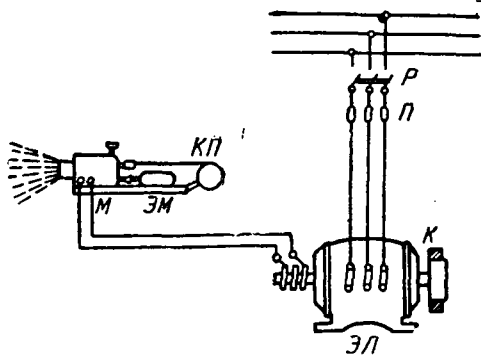
Можно также сделать присоединение иначе — треугольником, как показано на фиг. 6. В этом случае на клеммной дощечке производятся следующие соединения: $K-1$ соединяется с $H-2$, $K-2$ соединяется с $H-3$, $K-3$ соединяется с $H-1$.

Между любой парой соединённых точек напряжение будет в 1,73 раза меньше, чем при соединении звездой. Например если в схеме на фиг. 89 между концами фазовых обмоток получилось 64 в, то теперь получится $64 : 1,73 = 37$ в.

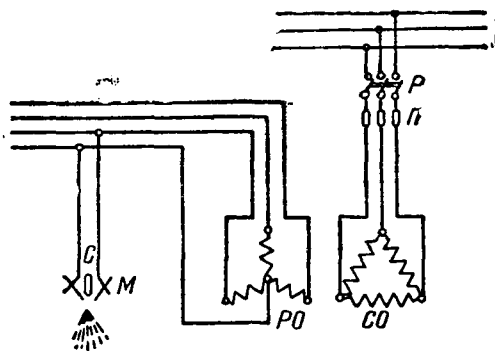
Питание осциллятора

При переделке большинства электромоторов, работавших при 1500 об/мин, в роторе будет получаться напряжение, близкое к 65 в. В этом случае стандартный осциллятор может питаться при этом напряжении, а металлизатор — между фазой и нулём.

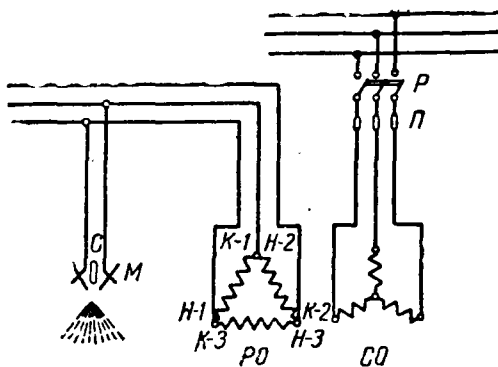
В тех случаях, когда осциллятор необходим, а напряжения около 65 в на моторе нет, можно осциллятор питать из сети 120 или 220 в, подобрав соответствующее постоянное сопротивление (лампу) для последовательного включения с осциллятором со стороны питания.



Фиг. 91.



Фиг. 92.



Фиг. 93.

Уход за электромотором, переделанным для металлизации

1. В заторможенном состоянии при работе в качестве металлизационного трансформатора электромотор не требует ухода за щётками.

2. При работе электромотора в качестве трансформатора возможны следующие неисправности:

а) перегрев всей машины; это указывает, что для переделки принят электромотор недостаточной мощности, — меньше 65 квт такой мотор применять нельзя;

б) перегрев активного железа статора, вызванный повышенным напряжением сети сверх номинального; в этом случае необходимо снизить напряжение сети до номинального;

в) активное железо статора местами сильно нагревается, даже в том случае, когда заторможенный электромотор работает вхолостую без нагрузки в цепи ротора; это указывает, что между отдельными местами железа имеются местные замыкания, вследствие наличия заусенцев. Необходимо удалить заусенцы, по возможности разъединить соединяющиеся листы железа и пролакировать их изоляционным лаком в нагретом состоянии машины;

г) возможен общий перегрев обмотки статора, если заторможенный электромотор принят слишком малой мощности или произведено неправильное соединение обмоток статора — вместо звезды на треугольник;

е) возможен местный перегрев обмотки статора при междувитковом соединении, при коротком замыкании между двумя фазами и при заземлении обмотки одной фазы в двух местах, — в этом случае неисправные катушки перематываются или заменяются новыми;

ж) из-за плохого контакта в цепи ротора возможно повышенное нагревание обмотки ротора в заторможенном состоянии при работе с нагрузкой. Особое внимание нужно обращать на хорошую пайку лобовых частей обмотки или нулевой точки, на переходные соединения между верхними и нижними стержнями, на соединения между параллельными группами ротора. Необходимо проверить сечение проводов, соединяющих концевые участки пересоединённой роторной обмотки с контактными кольцами. Это сечение должно быть достаточно большим, чтобы пропускать повышенный ток для металлизации. Нужно исходить из расчёта допустимой нагрузки на обмоточные провода, в этом случае до 6 а на 1 м² сечения провода.

3. Заторможенный электромотор присоединяется к внешней сети тремя проводами через трёхполюсный рубильник и плоские предохранители. Рубильник, предохранители и плавкие вставки выбираются по номинальной силе тока статора, который указан на табличке мотора. Переделка ротора для металлизации и его заторможение не влияют на ток в статоре, и он остаётся таким же, как и при работе мотора в качестве двигателя.

4. Если внешняя сеть смонтирована по системе 380/220 в, т. е. три провода плюс заземлённый нулевой, то к корпусу электромотора должен быть подведён четвёртый провод от нулевого провода сети и присоединён к одному из болтов корпуса. Этим обеспечивается безопасность обслуживающего персонала при повреждении статорной обмотки и замыкании её на корпус мотора.

5. Необходимо иметь в виду, что переделанный мотор с фазным ротором для электрометаллизации не служит источником питания электромоторчика, установленного на металллизаторах ЛК-6. Для этого нужно использовать цеховую электросеть (осветительную или силовую); если напряжение сети 220 в, то электромоторчик выбирается также на 220 в, если же напряжение сети 110 в, электромоторчик должен быть на 110 в.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4

Г л а в а I

Физико-механические свойства напылённых покрытий

1. Явления, сопутствующие процессу распыления металлов	11
2. Механизм образования слоя и его строение	12
3. Прочность сцепления	13
4. Плотность, удельный вес, проникаемость напылённого металла	17
5. Твёрдость покрытий	20
6. Сопротивление износу	23
7. Растяжение, сжатие, изгиб, кручение, сопротивление усталости	25
8. Действие высоких температур и термообработка	29

Г л а в а II

Аппаратура и оборудование для металлизации

А. Оборудование для подготовки поверхности	32
1. Пескоструйная очистка	32
Пескоструйный шкаф (33). — Пескоструйный пистолет (35). — Пескоструйная камера (38). — Пескоструйный аппарат (38). — Пылесборник (39). — Масловодоотделитель (41). — Устройство для сушки и просеивания песка (44).	
2. Механическая подготовка поверхности	45
Токарно-винторезный станок для подготовки поверхности (45). — Точильный станок (46).	
Б. Аппаратура и принадлежности для металлизации	46
Аппараты, работающие на расплавленном металле (47). — Аппараты, работающие на металлических порошках (50). — Проволочные пистолеты для металлизации и их сравнительные характеристики (50). — Аппаратостроение в СССР (55). — Электродуговые пистолеты ЛК (55). — Пистолет ЛК-2 (57). Пистолет ЛК-У (60). — Трансформатор для электрометаллизации (61). — Осциллятор (63). — Электрораспределительный щиток (64). — Масловодоотделитель (65). — Кабины и столы для металлизации (65). — Станок для металлизации тел вращения (66). — Отсасывающий зонт к станку для металлизации (66). — Приспособление для крепления пистолета на супорте станка (71). — Приспособление для выпрямления проволоки (71). — Проволочные катушки и стойки для них (73).	

	Стр.
В. Питание системы сжатым воздухом	74
Воздушный компрессор (74). — Ресивер (74). — Линейный маслоуловитель (77). — Трубопровод сжатого воздуха (77).	
Г. Помещение мастерской и планировка оборудования	78
Требования к помещению (78). Планировка оборудования (79). — Вентиляция (79). — Отопление (82). — Энергоснабже- ние (82). — Перечень необходимого оборудования (82).	

Глава III

Технология металлизации и области её применения

А. Восстановление размеров изношенных деталей.	87
1. Общие сведения	87
2. Подготовка поверхности под металлизацию.	89
Назначение и способы подготовки поверхности (89). — Очи- стка детали (90). — Подготовка поверхности пескоструй- ной обработкой (90). — Подготовка поверхности механиче- ским способом (95).	
3. Нанесение металлизационного покрытия	106
Предохранение подготовленной детали от загрязнения и окис- ления (106). — Защита мест, не подлежащих металли- зации (106). — Металлизация в кабине (107). — Металли- зация на токарном станке (107). — Положение металлизацион- ного пистолета в работе (107). — Число оборотов детали (108). — Скорость продольного перемещения пистолета (108). — Охлаждение покрытий при их нанесении (109). — Толщина слоя (109). — Припуск на обработку (110). — Машинное время на металлизацию (111). — Проволока для металлиза- ции (112).	
4. Механическая обработка металлизационных покрытий.	114
Слесарная обработка (114). — Токарная обработка (114). — Шлифование (116). — Фрезерование (117). — Контроль, при- ёмка и испытание восстановленных деталей (117).	
5. Отдельные случаи применения металлизации в ремонте.	118
Восстановление поршней (118). — Заделка задиров на на- правляющих станков (119). — Восстановление изношенных втулок (120).	
Б. Исправление литейных дефектов.	121
1. Заделка раковин.	122
2. Устранение пористости и течи отливок.	129
В. Защита от коррозии.	132
Возможность применения металлизационных покрытий для защиты от коррозии (132). — Способы уплотнения металли- зационных покрытий (134). — Применение металлизации для защиты стали анодными покрытиями (136). — Металлизация стали для защиты от атмосферной коррозии (137). — Защи- та стали от коррозии в пресной и морской воде (138). — Приме- нение металлизации в сочетании с окраской (140). — Техно- логия нанесения антикоррозийных покрытий (141). — Метал- лизация мелких изделий (142). — Определение прочности сцепления покрытий (143). — Определение толщины слоя металлизационных покрытий (143). — Определение пористо- сти (проницаемости) (144).	
Г. Применение металлизации для повышения жаростойкости стали али- тированием	145
1. Сущность процесса	145
2. Технология алитирования	146
3. Варианты технологического процесса алитирования	148

	Стр.
Д. Различные виды применения металлизации	150
1. Декоративные покрытия	150
2. Заделка кавитационных дефектов	151
3. Ремонт и повышение срока службы металлических моделей . .	152
4. Изготовление металлических моделей, форм и штампов	153
5. Металлизация деревянных моделей и других изделий из дерева	155
6. Металлизация в электротехнических целях	156
7. Металлизация стекла	158
8. Металлизация для защиты поверхности от науглероживания ¹ при цементации	159

Г л а в а IV

Вредность работ по распылению металлов

Литература	164
Приложение	165

Редактор В. В. Р ж а в и н с к и й

Техн. редактор Е. Д. Г р а к о в а

Подписано в печать 23/IX 1944. Колич. печ. л. 11. Колич. уч.-авт. л. 13.
Тираж 6000 экз. Формат 62×94¹/₁₆. Л80500. Зак. № 1096.

1-я Образцовая типография треста „Полиграфкнига“ Огиза при СНК РСФСР.
Москва, Валовая, 28.

Цена 13 руб.

10