

Л. Г. ПОЛОНСКИЙ, докт. техн. наук, Житомирский государственный технологический университет

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ НАПЫЛЕНИЯ

Представлены результаты исследования причин, условий и направлений развития механической обработки газотермических покрытий (ГТП) и показано ее влияние на совершенствование техники напыления.

Представлено результати досліджень причин, умов і напрямів розвитків механічної обробки газотермічних покриттів (ГТП) і показано її вплив на удосконалення техніки напилювання.

The result of investigation of causes, conditions and trends in developments of machining of gas-thermal coatings (GTC) are described. It's influence on the improvements of spraying equipment is shown as well.

Во многих случаях поверхности деталей и конструкций с ГТП не отвечают необходимым параметрам, например, плотности, равнотолщинности на всей площади напыления, точности размеров и формы, шероховатости и т. п. Для получения соответствующих эксплуатационных характеристик возникает потребность в их окончательной обработке при помощи различных внешних воздействий. Вид обработки зависит, в первую очередь, от назначения покрытий. С самого начала их применения покрытия (в частности, декоративные и защитные) подвергали дополнительной обработке, в основном, насыщению маслом. Однако, наибольшее влияние на общее развитие процессов газотермического напыления оказали термическая и, особенно, механическая обработка.

С точки зрения обеспечения необходимой точности и иных показателей качества механическая обработка деталей с напыленными ГТП значительно отличается от обработки однородных (монокристаллических) материалов, что определено особенностями структуры покрытий, низкой прочностью их сцепления с основой, наличием переходной зоны между покрытием и основой и т.д.

Детали с покрытиями подвергаются точению, фрезерованию, строганию, шлифованию, хонингованию и др. видам обработки. Достижение необходимых параметров качества после механической обработки ГТП обеспечивает приемлемую приработку и минимальный износ поверхностей трения смежных деталей, увеличивает надежность их работы и, вследствие этого, надежность работы узлов, механизмов и машин.

Обработка пластиком деформированием. Начало 1900-х гг. отличительно тем, что на то время уровень техники напыления ГТП определялся ещё очень далёкими от совершенства тигельными, газопламенными и электродуговыми техническими средствами, работавшими только на

относительно легкоплавких цветных металлах и сплавах незначительной твердости (*НВ* 25...180) – это были алюминий, медь, свинец, цинк, бронза, латунь [1–6].

Довольно длительное время на протяжении этапа декоративно-защитной техники напыления ГТП среди совокупности факторов, определявших её развитие, механическая обработка вообще не рассматривалась с проблемной точки зрения. При необходимости обработку вели, используя технологические приёмы и навыки, накопленные за все время знакомства человека с обработкой материалов, в первую очередь – металлов.

Декоративные покрытия, напыленные с целью отделки поверхности, должны были иметь надлежащий внешний вид. Поэтому их, в основном, крацевали и полировали [1–4, 7, 8]. Среди механической обработки антикоррозионных покрытий преобладало пластическое деформирование. Их уплотняли, например, дробеструйной обработкой [1, 7, 8]. Но чаще всего применяли чеканку [8], технико-экономические показатели которой наиболее полно отвечали запросам и возможностям производства того времени. Так уменьшали пористость, вследствие чего уменьшалась и способность агрессивных сред проникать внутрь слоя покрытия. Разнотолщинность ГТП устраняли накатыванием [7, 8].

Просматривалась тенденция к постоянному расширению применения пластического деформирования в сопровождении трения (затирания) [8], нагрева, прессования (пат. 2013185 США, 1935 г. [9]) и т. п.

В незначительных масштабах были внедрены рассверливание, зенкерование и зенкование [8]; слесарная обработка – шлифование абразивной шкуркой [9], опиливание напильниками и надфилями, разрезание ножовками, обрубывание зубилами остатков металла, напыленного на нерабочие поверхности [7, 10]; обработка ртутью при помощи щёток (пат. 589535 Германии, 1933 г.); насыщение покрытий разнообразными наполнителями в сочетании с электрическим окислением (пат. 632856 Германии, 1936 г.); обработка в электролитах и горячей водой (пат. 646736 Германии, 1937 г.) [9]. Все эти процессы обработки защитных ГТП вследствие их низкой эффективности, нетехнологичности, негативного влияния на внешнюю среду и людей не приобрели массового распространения, а использовались локально – только там, где это было необходимо.

Одновременно с улучшением оборудования, материалов и технологий напыления также происходило усовершенствование процессов и технических средств механической обработки покрытий. Для крацевания декоративных и защитных покрытий с целью уменьшения их пористости и придания поверхности соответствующего вида применялись дисковые щетки с проволочными пучками [7], – этот вид обработки широко практикуется и сейчас.

Полировали покрытия, используя круги из шерсти, полотна или кожи [11]. Из-за недостаточной жёсткости материалов этих инструментов их

влияние на уменьшение пористости было минимальным, однако они оправдывали себя при отделочной обработке.

Для уплотнения покрытий пластическим деформированием в сопровождении трения нашли применение специальные инструменты с шарообразной рабочей частью. Наиболее распространенными при обработке плоских поверхностей были инструменты со сферической рабочей частью (рис. 1) [8].

В Германии нашли применение пневматические инструменты для уплотнения покрытий пластическим деформированием в сопровождении нагрева (пат. 403833, 1924 г.) [9]. Значительное распространение получили накатки, позволявшие одновременно с уплотнением устранять и разнотолщинность покрытий [7, 8].

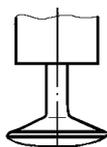


Рис. 1. Инструмент для обработки покрытий пластическим деформированием в сопровождении трения (воспроизведено за [8])

Особенностью, которая отличала окончательное формирование покрытий на этапе развития декоративно-защитной техники напыления ГТП, был большой удельный вес обработки именно пластическим деформированием. Поэтому этот отрезок времени можно определить как **этап обработки ГТП пластическим деформированием** (рис. 2).

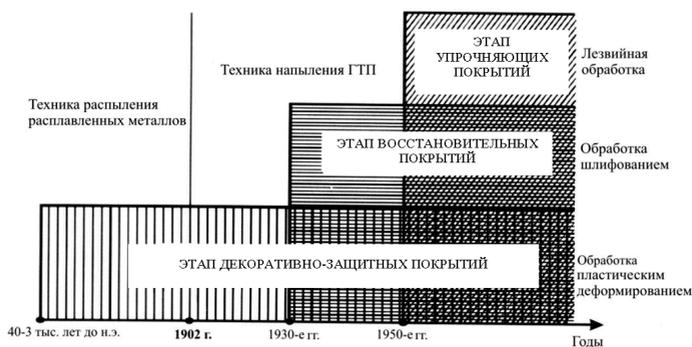


Рис. 2. Этапы развития ГТП и доминирующие методы их механической обработки

Конечно, и в дальнейшем обработка пластическим деформированием широко использовалась и используется сегодня при окончательном

формировании покрытий. Однако, её доля в общем объёме механической обработки уже не является определяющей и постоянно уменьшается.

С увеличением количества отраслей, которые начали применять технику газопламенного и электродугового напыления покрытий, с освоением ею таких материалов, как конструкционные и легированные стали, с проникновением её в ремонтное производство (1930-е гг.) получение эксплуатационных параметров, которых требовала практика, – а это уже были не только пористость и разнотолщинность покрытия, а и точность размеров и формы, соответствующая шероховатость поверхности и т. д. – при помощи пластического деформирования стало проблематичным, а в большинстве случаев и вообще невозможным. Такое положение вынудило перейти к применению обработки резанием.

Шлифование покрытий. Освоение ГТП из конструкционных (*HRC*, 35...40) (вторая половина 30-х гг. XX ст.), а позже (1940-е–начало 1950-х гг.) – и легированных сталей (*HRC*, 40...55), появление таких материалов, как сормаиты, сталиниты, стеллиты создало благоприятные условия для использования техники газопламенного и электродугового напыления покрытий при восстановлении изношенных деталей машин.

В конце 20-х–в начале 30-х гг. XX в. в ремонтном производстве автомобильной, текстильной и некоторых др. отраслей промышленности, ещё не подкреплённое технически и организационно, начало применяться напыление покрытий на изношенные поверхности деталей. Содействовали этому универсальность техники газопламенного и электродугового напыления, её мобильность, а одним из главных факторов распространения данного способа в производстве стало то, что процесс формирования подобных покрытий не влиял негативно на обрабатываемые поверхности изделий. Благодаря этому, уже в конце 1930-х гг. некоторым странам удалось успешно освоить восстановление валов и втулок [7].

По сравнению с защитными покрытиями, всё тяжелее ставало решать задачи получения эксплуатационных характеристик восстановленных деталей непосредственно напылением или при помощи дополнительной обработки пластическим деформированием. Обеспечивать необходимые геометрические параметры рабочих поверхностей можно было только обработкой резанием, которая и начала постепенно завоёвывать ведущие позиции в общих объёмах обработки покрытий.

При обработке напыленных покрытий резанием применялись традиционные для того времени (1930-е гг.) инструментальные материалы: стали инструментальные и быстрорежущие, абразивы. Иногда для растачивания восстановленных поверхностей отверстий применяли алмазные резцы [8]. Освоение твёрдосплавных инструментов в промышленности в эти годы только начиналось и для обработки покрытий они вообще не применялись.

Инструменты для лезвийной обработки выбирали как обычно, сопоставляя твёрдости обрабатываемого и обрабатывающего материалов. По

отношению к покрытиям из цветных металлов и сплавов, низкоуглеродистых сталей инструментальные и быстрорежущие стали зарекомендовали себя положительно, но механическая обработка стальных покрытий даже при их твёрдости в пределах $HRC, 40 \dots 45$ от самых первых попыток их применения стала большой проблемой.

Переход на шлифование был вынужденным, но и он тормозился существованием своеобразного психологического барьера. Дело в том, что абразивная обработка на то время определялась как дополнительная и применение её, как считалось, могло оправдать себя только на конечных, чистовых операциях изготовления или восстановления деталей машин. Кроме того, она создавала и новые проблемы технического и экологического характера.

Несмотря на низкую прочность сцепления покрытий с основой, их обработку пробовали вести аналогично обработке монолитных материалов – лезвийными инструментами, зачастую сводя на нет усилия по напылению, потому что покрытия часто отслаивались от основы под действием сил резания. Но неустанное расширение объёмов восстановления изношенных деталей, которые требовали механической обработки, быстро дало возможность понять, что шлифование можно использовать и как основную операцию, в первую очередь, при обработке покрытий из высокоуглеродистых сталей, не поддававшихся точению и др. видам лезвийной обработки [7, 8, 12].

Возрастание объёма шлифования в общей структуре обработки восстановленных деталей содействовало становлению **этапа механической обработки ГТП шлифованием** (см. рис. 2). Требования к точности и шероховатости поверхностей деталей, восстановленных напылением, на протяжении 30-х–70-х гг. XX в. обеспечивались только операциями шлифования. Хотя, одновременно с этим, абразивная обработка, высокоэнергетичная и малопроизводительная, объективно сдерживала общее развитие техники напыления. (Не стоит забывать и о вредном влиянии этой обработки на работающих). Поэтому параллельно со шлифованием продолжалось применение и лезвийной обработки.

Перспективность напыления и неопределённость результатов механической обработки в значительной степени стимулировали начало исследовательских работ по резанию покрытий широкого качественного диапазона. Развитие этих научных исследований пошло, в первую очередь, путём простого определения наиболее приемлемых в производственных условиях режимов обработки и геометрических параметров режущей части лезвийных инструментов [13, 14].

Но, всё-таки, в это время (1930-е–1940-е гг.) удалось получить и некоторые представления о пластической деформации в зоне контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью покрытия, определить характер влияния подачи S на изменение твёрдости поверхностного шара

ГТП H и скорости резания v на глубину наклёпа h_n (при обработке стальных покрытий) [15].

Было также обращено внимание на неоднозначность результатов шлифования покрытий вследствие появления прижогов на обработанных поверхностях, определены зависимости коэффициента трения μ (стальные покрытия – резцы из быстрорежущей стали) от v и от удельного давления в контактной зоне p [8, 16, 17].

Комплекс работ по исследованию обрабатываемости точением, проведенный силами Государственного треста по рационализации производства в машиностроении и металлообрабатывающей промышленности „Оргаметалл” НКТП СССР (Оргаметалла) и Московского текстильного института (МТИ), позволил разработать рекомендации по определению режимов резания напыленных покрытий (v , S , глубина резания t) (табл.).

Таблица

Режимы точения напыленных покрытий
(обобщённые рекомендации Оргаметалла и МТИ, 1940–1945 гг. [8, 15, 16])

Материал обрабатываемых покрытий	Быстрорежущие резцы			Твёрдосплавные резцы (ВК)		
	v , м/с	S , мм/об	t , мм	v , м/с	S , мм/об	t , мм
Сталь	0,13...0,30	0,15...0,25	0,2...0,5	0,50...0,67	0,2...0,5	0,3...0,5
Алюминий и цинк	–	–	–	1,00...1,17	до 0,1	0,5...1,5

На протяжении 1937–1947 гг. в Германии и СССР освоили механическую обработку восстановленных автотракторных деталей около тридцати наименований [7] (данные по др. странам отсутствуют). За период 1945–1953 гг. появилась возможность интенсификации лезвийной обработки покрытий путём замены быстрорежущих резцов твёрдосплавными, в частности, оснащёнными сплавами группы ВК [18].

Увеличился объём исследований по фрезерованию и сверлению покрытий. Продолжалось определение оптимальных режимов резания разнообразных ГТП и геометрических параметров инструментов, в основном, токарных и строгальных резцов, фрез, свёрл в Германской Демократической Республике, СССР, США и Чехословакии [19]. Исследование процесса шлифования покрытий и его широкое внедрение в производство осуществлялись в СССР и США [7].

В Советском Союзе и Чехословакии вошло в практику точения применение больших подач и меньших глубин резания, а в Соединённых

Штатах – наоборот. В эти же годы в СССР применялось только “мокрое” шлифование, а в США – и „мокрое”, и „сухое” [7, 20].

На это время сформировались и основные принципы механической обработки покрытий. Была определена оптимальная толщина слоя покрытия, который должен был оставаться после обработки резанием [16]. В зависимости от диаметра восстанавливаемой или упрочняемой детали и метода подготовки поверхности под покрытие она колебалась в пределах 0,3...0,9 мм. Более тонкие покрытия, как показала эксплуатация, отслаивались от основы, а при шлифовании поддавались термическому влиянию, что отражалось на их структуре. С целью предотвращения повреждения структуры покрытия при лезвийной обработке начали уменьшать силу резания регулированием в сторону уменьшения глубины резания. На абразивную обработку оставляли припуск 0,2...0,4 мм на диаметр.

Шлифование деталей с покрытиями начали применять, в основном, для получения поверхностей с наименьшей шероховатостью.

При определении режимов механической обработки покрытий начали обращать внимание не только на обеспечение соответствующей шероховатости поверхности, но и на то, чтобы обработка не влияла на стойкость самого напыленного слоя. Исходя из этого, рекомендовалось [7, 18, 20] применять при точении покрытий относительно небольшой твёрдости скорость резания в пределах $v = 0,25 \dots 0,30$ м/с, а при точении твёрдых покрытий – $v = 0,13 \dots 0,17$ м/с, $S = 0,15 \dots 0,25$ мм/об и $t = 0,2 \dots 0,5$ мм.

Выяснилось, что механическая обработка покрытий на поверхностях, подготовленных нарезанием „рваной” резьбы с подачей и глубиной резания, соответствующих усилиям в пределах 500...600 Н, не приводит к отслаиванию покрытия.

На поверхностях же, подготовленных пескоструйной обработкой, как было исследовано, отслаивание наблюдается при силе резания ~200 Н. Поэтому в таких случаях рекомендовалось ограничивать подачу и, особенно, глубину резания. В первую очередь это касалось обработки тонких (до 0,3 мм) покрытий.

Специфика объектов с напыленными покрытиями, отличающимися наличием корки, пор и ярко выраженных макроотклонений на поверхности, определяет прерывчатый характер резания и значительные термомеханические нагрузки на лезвия инструментов, поэтому это подвигло и к одновременному осуществлению мероприятий по усовершенствованию их обработки шлифованием. К тому же, изучению процессов шлифования содействовало и то, что возможности применения при обработке покрытий таких способов резания, как фрезерование, строгание, сверление и т. п. оставалось предельно ограниченным.

Уже со середины 1940-х гг. обработке только шлифованием начали подвергать покрытия с высокоуглеродистых сталей, использование которых на этапе развития восстановительной техники напыления ГТП было наибольшим. Точение таких покрытий резцами, применявшимися в то время,

было практически невозможным. В тех же случаях, когда твёрдость покрытий токарной обработкой не препятствовала, применение шлифования продолжали считать нецелесообразным. К тому же, практика показывала, что шлифование покрытий сопровождалось быстрым „засаливанием” кругов, что замедляло обработку и вызывало необходимость их частой алмазной правки. Поэтому, исходя из этого, те покрытия, по отношению к которым токарная обработка была возможной, сначала рекомендовалось обтачивать и только после этого шлифовать, снимая при этом как можно меньший припуск.

Сформировалось единое мнение, не вызывавшее возражений ни в отечественной, ни в мировой практике абразивной обработки покрытий, о необходимости применения крупнозернистых алундовых или монокорундовых шлифовальных кругов на мягкой основе. Монокорундовые круги по сравнению с карборундовыми и электрокорундовыми меньше „засаливались” и изнашивались, а их удельная производительность была в 3...4 раза большей. В США для обработки покрытий из нержавеющей хромистых сталей нашли применение кристаллоновые шлифовальные круги [7].

В 60-е–70-е гг. XX ст., благодаря значительному объёму исследований процессов шлифования ГТП, перешли к применению и электрокорундовых кругов. Исследованиями, которые проводились в Московском высшем техническом училище им. Н.Э. Баумана (МВТУ) (сейчас – Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана), экспериментально было определено, что на силу резания при обработке такими кругами наибольшее влияние имеет глубина шлифования, при увеличении которой радиальная и тангенциальная составляющие силы резания также пропорционально возрастают. Для предотвращения вырывания частиц покрытий начали рекомендовать осуществлять шлифование с глубиной резания, которая бы не превышала значений $t = 0,025...0,030$ мм/дв. ход [21].

Во второй половине 1950-х гг. техника газопламенного и электродугового напыления покрытий уже использовала, помимо цветных металлов, сплавов на их основе и сталей, также и самофлюсующиеся материалы [22], чугуны, карбиды, оксиды, пластические массы, твёрдые сплавы, керамику и т. п. [9, 23–31].

Опять возможности процессов механической обработки покрытий начали ограничиваться их высокими физико-механическими свойствами. Наибольшее внимание в таких случаях уже традиционно продолжали уделять абразивной обработке. Режимы шлифования напыленных покрытий из сталей и самофлюсующихся материалов вышли на новый качественный уровень и имели значения: скорость вращения круга $v_k = 25...35$ м/с, скорость вращения обрабатываемой детали $v_d = 0,17...0,42$ м/с, $t = 0,005...0,030$ мм/дв. ход. Применяя электрокорундовые круги, круги из карбида кремния зелёного, монокорундовые и осуществляя обработку на апробированных и поэтому рекомендованных для соответствующих покрытий режимах, достигали шероховатости поверхности $Ra = 0,32...0,15$ мкм. Было определено, что при

шлифовании с увеличением глубины резания покрытий с 0,1 мм до 1,0 мм шероховатость поверхности уменьшается [21].

Однако, стойкость кругов продолжала оставаться низкой, в пределах всего $T = 6 \dots 9$ мин.

В связи с качественными изменениями в материалах, применявшихся для покрытий, и началом доминирования среди них самофлюсующихся порошковых материалов и керамики старались интенсифицировать лезвийную обработку внедрением в процессы резания инструментальных твердых сплавов ВК2, ВК3, ВК6, ВК8, Т15К6, Т30К4 и их аналогов.

Режимы токарной обработки, благодаря проведению значительных объемов научных исследований и экспериментов, удалось несколько улучшить [7, 8, 16, 17, 20, 21]: $v = 0,17 \dots 1,23$ м/с, $S = 0,07 \dots 1,00$ мм/об, $t = 0,3 \dots 1,2$ мм.

Динамика роста средней скорости резания напыленных покрытий за 28 лет применения токарной обработки (1940–1968 гг.) имела вид (рис. 3):

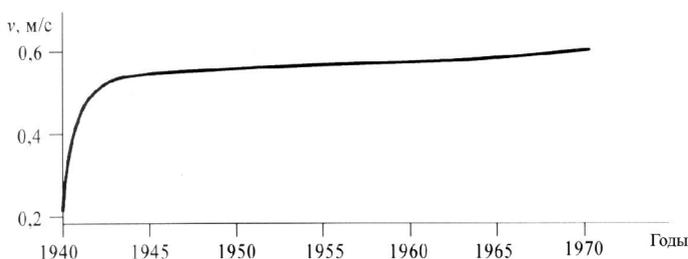


Рис. 3. Динамика роста скорости резания напыленных покрытий на протяжении 1940–1968 гг. (за данными [7, 8, 16, 17, 20, 21, 32, 33])

Удалось достичь, правда, очень незначительного, увеличения стойкости токарных резцов. Их средняя стойкость по сравнению с 30-ми–40-ми гг. XX в. возросла всего на 5,5 мин. и вышла на значение $T = 17$ мин. в конце 1960-х гг.

Кроме шлифования и токарной обработки покрытий продолжались и поиски возможностей дальнейшего применения доводки [32], пластического деформирования, полирования, развёртывания, фрезерования [18], а также разных видов комбинированной обработки [33].

Имеются данные о попытках совмещения анодно-механической обработки с абразивной, применении перед окончательным шлифованием и полированием пропитки покрытий целлулоидным лаком [34]. Начали осуществлять комбинированную обработку (точение в сопровождении накатывания) псевдосплавов (медь + свинец) [35], достигая благодаря этому уплотнения покрытий (уменьшения диаметра на 0,18 мм за 6...8 проходов накаткой) и шероховатости поверхности $Ra = 0,63 \dots 0,32$ мкм.

Продолжалось применение и хорошо зарекомендовавших себя операций пропитки покрытий смазывающими веществами [35].

Одновременно происходило постоянное усовершенствование инструментов для механической обработки покрытий. Ещё в конце 1930-х гг. была признана целесообразность их точения проходными резцами так называемой „американской” формы (резцами Тейлора), которые обычно применялись для обработки чугуна [7, 36].

С увеличением объёмов точения напыленных покрытий и, соответственно, расхода резцов с криволинейной режущей кромкой, подготовка которых требовала значительных усилий, перешли на использование резцов с прямо-линейной режущей кромкой с округленной вершиной (1970-е гг.). На основе практических наблюдений и научных исследований оптимальные значения радиуса округления ограничили диапазоном $r = 1 \dots 3$ мм [35, 37–39].

Усилиями учёных Всесоюзного научно-исследовательского института автотенного машиностроения (г. Москва), Ленинградского сельскохозяйственного института, МВТУ, МТИ и др. организаций и вузов (в частности, Е. В. Антошина, В. Н. Байкаловой, Ф. Я. Баранова, В. И. Багалова, Г. Д. Вадивасова, Г. Д. Вольперта, В. А. Драгуновича, М. В. Катца, Л. В. Красниченко), немецких и чехословацких учёных, специалистов ведущих мировых фирм в отрасли ГТП на середину 60-х гг. XX в. были оптимизированы геометрические параметры твёрдосплавных инструментов (токарных резцов и фрез) с учетом их влияния на стойкость [7, 8, 19, 21]: задний угол $\alpha = 8^\circ \dots 12^\circ$; $\varphi = 45^\circ \dots 60^\circ$; вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 10^\circ \dots 12^\circ$; угол наклона режущей кромки $\lambda = 0^\circ$.

Наибольшее влияние на стойкость инструментов, как было определено, имеют углы α и φ , причём, с уменьшением угла φ уменьшается шероховатость обработанной поверхности [15].

При обработке покрытий пока что нет единого мнения только относительно применения смазывающе-охлаждающих технологических сред (СОТС) и определения величины переднего угла γ [7, 8, 15–20].

Значения γ , которые рекомендовались в технической литературе, в частности, изданной на протяжении 1956–1974 гг., колеблются от (-5°) до 12° и их величины ничем не аргументировались.

Относительно применения СОТС рекомендации также отличались большими противоречиями. В США с 40-х гг. XX в. и до сегодня применяется шлифование без охлаждения. Отечественные же специалисты в большинстве случаев продолжают рекомендовать обязательное охлаждение, упуская из виду то обстоятельство, что проникновение СОТС через поры может вызвать коррозию материалов покрытия и основы, а также, действуя, как жидкостная прослойка, содействовать отслоению покрытия во время обработки и даже эксплуатации [7, 10, 16, 20, 38].

Список литературы: 1. *Металлизация* по способу Шоопа. – СПб. : Русское об-во „Металлизаторь”, 1914. – 40 с. 2. *Жданко А. А.* Работы пульверизацией: окраска пульверизацией, торкретные работы, металлизация. / А. А. Жданко. – Л. : КУБУЧ, 1929. – 127 с.

3. *Зыбуновский И.* Металлизация. / И. Зыбуновский. – М.: Журнально-газетное объединение, 1932. – 61 с. 4. *Соловейчик И. С.* Защитные покрытия металлов. / И. С. Соловейчик – Л.–М.: КОИЗ, 1933. – 120 с. 5. *Левинзон А. З.* Металлизация распылением по способу Шоопа. / А. З. Левинзон, А. Ф. Ратнов. – М.–Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1935. – 78 с. 6. *Гарфундель С. Л.* Теория и практика процесса металлизации распылением. / С. Л. Гарфундель, М. И. Бердников. – М.–Л.: Гизместром РСФСР, 1940. – 208 с. 7. *Антошин Е. В.* Технология металлизации распылением. / Е. В. Антошин. – М.–Свердловск: Машгиз, 1944. – 168 с. 8. *Катц Н. В.* Металлизация распылением. / Н. В. Катц. – Харьков: ХДТ, 1940. – 87 с. 9. *Гуревич Е. С.* Защита металлов от коррозии. / Е. С. Гуревич. – Л.: Изд-во по изобретательству, 1938. – 484 с. 10. *Иоаниди Г. А.* Электрометаллизация при ремонте изношенных деталей. / Г. А. Иоаниди. – М.: Воениздат, 1945. – 132 с. 11. *Газотермические* покрытия из порошковых материалов: Справ. / Ю. С. Борисов, Ю. А. Харламов, С. Л. Сидоренко, Е. Н. Ардаговская. – К.: Наук. думка, 1987. – 544 с. 12. *Вольперт Г. Д.* Методы восстановления изношенных деталей текстильных машин. / Г. Д. Вольперт. – М.–Л.: Гизлегпром, 1943. – 100 с. 13. *Иванов Б. И., Чешев В. В.* Становление и развитие технических наук. / Б. И. Иванов, В. В. Чешев. – Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1977. – 236 с. 14. *Патон Б.* Развитие и практическое использование сварочных технологий – эффективное средство повышения надёжности сельскохозяйственной техники / Б. Патон // Международный сельскохозяйственный журнал. – 1983. – № 6. – С. 52–55. 15. *Вольперт Г. Д.* Покрытие распыленным металлом (металлизация). / Г. Д. Вольперт. – М.: Промстройиздат, 1957. – 268 с. 16. *Катц Н. В.* Применение электрометаллизации в текстильной промышленности. / Н. В. Катц – М.: Гизлегпром, 1945. – 92 с. 17. *Кречмар Э.* Напыление металлов, керамики и пластмасс. / Э. Кречмар. – М.: Машиностроение, 1966. – 432 с. 18. *Азин Н. П.* Восстановление деталей изношенного оборудования электрометаллизацией. / Н. П. Азин. – М.: Филиал ВИНТИ, 1958. – 36 с. 19. *Катц Н. В.* Электрометаллизация. / Н. В. Катц, Е. М. Линник. – М.: Сельхозгиз, 1953. – 224 с. 20. *Кряк П.* Металлизация распылением. / П. Кряк. – М.: Профиздат, 1956. – 174 с. 21. *Антонов И. А.* Газопламенная обработка металлов. / И. А. Антонов. – М.: Машиностроение, 1976. – 264 с. 22. *Орлов Ю. Г.* Новые наплавочные материалы для газотермических покрытий деталей машин / Ю. Г. Орлов // Внедрение прогрессивных методов восстановления изношенных деталей сельскохозяйственных машин: Тез. докл. обл. науч.-практической конф., 1982 г., г. Ровно. – Ровно: Б. и., 1982. – С. 12–14. 23. *Газопламенная* обработка металлов на железнодорожном транспорте / Под ред. Т. А. Владимирского. – М.: Транспорт, 1977. – 200 с. 24. *Денисович С. А.* Материаловедение и научно-технический прогресс. / С. А. Денисович. – К.: Наук. думка, 1991. – 160 с. 25. *Застосування* чавуну для металізації розпорошуванням // Техніка – масам. – 1937. – № 10. – С. 62. 26. *Порошковая* металлургия и напыленные покрытия / В. Н. Анциферов, Г. В. Бобров, Л. К. Дружинин и др. – М.: Металлургия, 1987. – 792 с. 27. *Антошин Е. В.* Нанесение покрытий из полимерных материалов способом газопламенного напыления. / Е. В. Антошин, И. А. Немковский – М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1967. – 104 с. 28. *Хасуи А.* Техника напыления. / А. Хасуи. – М.: Машиностроение, 1975. – 288 с. 29. *Теплозащитные* покрытия на основе ZrO_2 / А. Ф. Ильюшенко, В. С. Ивашко, В. А. Оковитый, С. Б. Соболевский. – Минск: НИИМОП, 1998. – 125 с. 30. *Хасуи А., Моригаки О.* Наплавка и напыление. / А. Хасуи., О. Моригаки. – М.: Машиностроение, 1985. – 239 с. 31. *Искольдский И. И.* Наплавочные боридные твёрдые сплавы. / И. И. Искольдский. – М.: Машиностроение, 1965. – 72 с. 32. *Кречмар Э.* Металлизация распылением и её применение в народном хозяйстве. / Э. Кречмар. – М.: Машгиз, 1958. – 120 с. 33. *Восстановление* электрометаллизацией изношенных закалённых поверхностей при помощи анодно-механической обработки // Инф.-техн. листок № 83(541) / Сост. А. С. Казанцев. – Л.: ЛДНТП, 1953. – 11 с. 34. *Металлизация* судовых гребных валов и антокоррозионная защита их армированными оксидными покрытиями: Методич. руководство и инструкции. – Л.: Морской транспорт, 1960. – 40 с. 35. *Металлизация* антифрикционными псевдосплавами. – М.: ОНТИ, 1962. – 110 с. 36. *Резников Н. И.* Учение о резании металлов. / Н. И. Резников. – М.: Машгиз, 1947. – 588 с. 37. *Баранов Ф. Я.* Металлизация и её применение в промышленности. / Ф. Я. Баранов. – Горький: Волго-Вятское книжн. изд-во, 1971. – 88 с. 38. *Антошин Е. В.* Газотермическое напыление покрытий. / Е. В. Антошин. – М.: Машиностроение, 1974. – 96 с. 39. *Казимирчук А. Ф.* Обрабатываемость износостойких покрытий / А. Ф. Казимирчук. // Сверхтвёрдые материалы. – 1979. – № 2. – С. 51–54.

Надійшла до редколегії 18.04.10