

## ПОРИСТОСТЬ И КАЧЕСТВО ПОКРЫТИЙ

Не секрет, что большая часть брака при нанесении финишных покрытий имеет причиной пористость исходного материала. Такой брак приходится переделывать, что увеличивает издержки производства. Поиск современных способов устранения этой проблемы привел к появлению недорогого технологического процесса под названием «герметизация микропористости пропиточным составом», который существенно улучшает поверхность деталей перед нанесением финишных покрытий. Или, переходя на экономические термины, правильная подготовка к окончательной отделке ведет к росту прибыли.

Во время продвижения металлических деталей от заготовки к конечному продукту их стоимость возрастает с каждой последующей операцией, но особенно интенсивно это происходит на этапе отделочных операций. Соответственно, отбраковка деталей после завершающих операций имеет значительно более тяжелые экономические последствия, чем отбраковка их на стадии отливки. Понятно, что исправление дефектов отливки чаще всего происходит путем переплавки, и дополнительные затраты лишь немного превышают стоимость необходимой для этого энергии. То же самое верно и для паяных или сварных деталей: возвращение к предыдущему технологическому этапу экономически оправдано. Но на следующем этапе – механической обработке – отбраковка деталей приводит уже к большим убыткам, хотя затраты на основной материал все же экономятся, так как металл может использоваться вторично. Иными словами, хотя убытки от повторного литья суммируются с убытками от новой мехобработки, их приходится терпеть.

Однако при переходе к отделочным операциям картина резко меняется. Все затраты на финишные процессы (стоимость труда, материалов, энергии) не возобновляются, если детали бракуются в результате, например, неудачного хромирования. Уже полностью обработанные детали превращаются в дорогостоящий металлолом; при этом зачастую резко падает даже стоимость первоначального металла, ибо его не всегда можно применять вторично из-за посторонних включений материалов, применявшихся для отделочных операций. Даже если нанесенное уже покрытие удалять каким-либо способом, то затраты на эти усилия могут перекрыть получаемую материальную экономию. Эта ситуация типична для проблем с качеством – затраты растут по восходящей спирали: чем больше бракуется деталей, тем больше их надо вновь изготовить и отделать, что ведет к непропорциональному росту производственных издержек.

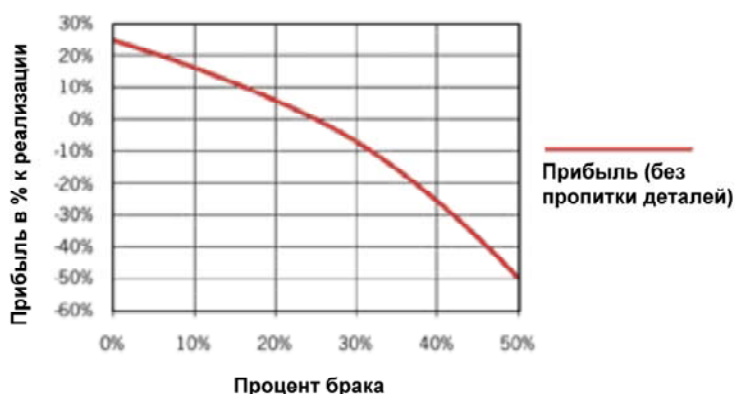
Значительная часть брака после отделочных операций вызвана пористостью материалов. Все литейные сплавы, а тем более изделия порошковой металлургии, обладают пористостью. Даже у паяных или сварных деталей наблюдается пористость швов. Во время отделочных операций эти поры могут заполняться водой, растворителями, кислотами, маслами. Впоследствии эти жидкости могут проникать к отделанной поверхности, вызывая точечную или язвенную коррозию и лишая покрытия защитных и декоративных свойств. Инженеры знакомы с проблемами, вызываемыми пористостью, и борются с ней доступными им способами на стадиях проектирования и разработки технологии изготовления детали, однако всех проблем только этим не решить. Даже если при помощи различных ухищрений удастся перевести размер микропор на наноуровень, то остается основная беда декоративных покрытий: они тускнеют. Каждый

специалист в отделке металлов знает: чем меньше поры, тем труднее подготовить деталь для нанесения финишного покрытия.

К сожалению, многие предприятия, занятые финишной отделкой металлических деталей, привыкли к этому, они считают большой процент брака на завершающих операциях неизбежным и просто мирятся с вызванными этим браком убытками. Однако новые исследования и разработки благотворно влияют на экономику – появились материалы, предлагающие универсальный метод герметизации микропористости при помощи достаточно хорошо известного принципа вакуумной пропитки. Одним из таких материалов является разработанный фирмой Хенкель-Локтайт пропиточный состав Резинол 88С, позволяющий как закрыть внутренние поры, так и добиться идеальной подготовки поверхности металлической детали под финишную операцию.

Как уже говорилось, брак более болезнен для экономики предприятия, когда он происходит на завершающих технологических операциях. Ниже приводится основанный на реальных данных график зависимости прибыли от процента брака. Из него видно, что влияние брака на прибыльность может быть колоссальным, что объяснимо: все производственные издержки ложатся на те детали, которым удалось пройти приемные испытания.

**Рис.1 Зависимость прибыли от процента брака**



Однако если до окончательной отделки произвести пропитку деталей, то это позволит спасти те детали, которые иначе были бы неминуемо забракованы. Тем самым процент брака уменьшится, а прибыль возрастет так как затраты на пропитку несопоставимы с затратами на изготовление новых деталей.

Иногда говорят, что изготовление детали это комбинация науки и искусства, однако, применительно к отделочным операциям, это скорее искусство, чем наука. Действительно, предшествующие отделке операции гораздо проще контролировать путем измерения размеров, допусков, испытаний и т.п. Но дефекты хромирования, анодирования и других покрытий могут проявиться уже после того, как деталь будет отгружена потребителю, а иногда и после нескольких месяцев эксплуатации. Это ведет к неизбежным репутационным потерям, и новым издержкам.

Все отливки обладают пористостью в силу разности температур кристаллизации составляющих литейные сплавы металлов. Литейщики традиционно прилагают массу усилий для борьбы с пористостью отливок, стремясь ее полностью ликвидировать, что, впрочем, никому никогда не удавалось. Эта борьба особенно актуальна для деталей, предназначенных к работе под давлением (компрессоры, насосы и т.п.), а так как вода, масло или сжатый воздух очень часто находят себе извилистый путь из одной поры внутри отливки в другую, то большой удачей считается изготовить герметичную деталь с первой попытки. Ситуация изменилась с появлением современных материалов и технологий для пропитки; теперь комбинация усилий литейщиков и промышленных «пропитчиков» сводит вероятность появления негерметичных деталей к весьма малой величине.

Немного другой круг проблем встречает тех, кто занимается декоративной отделкой металлических поверхностей, здесь на первый план выходит забота о достойном внешнем виде. Как ни странно, качество покрытия во многом зависит от степени пористости металла. Особенно неприятно то, что если даже во время полировки некоторые поры закрываются тонким слоем металла, то в них зачастую остаются полировальные пасты и кислоты, применяемые в декоративных покрытиях, которые со временем выйдут наружу. Следовательно, с пористостью надо бороться до финишных операций.

Подытожим сказанное. Пористость изначально присуща всем отливкам, а также сварным и паяным деталям; причем в последних она проявляется в швах. Пористость неизбежна и характеризуется следующими обстоятельствами:

1. Она вызывается переходом в газообразное состояние примесей к материалу при плавке.
2. Также усадочными процессами в отливке при кристаллизации.
3. Кроме того, непредсказуемыми изменениями температуры и влажности.
4. Пористость имеет различную структуру и может быть непрерывной, слепой или полностью замкнутой.
5. Слепая пористость заканчивается тупиком внутри отливки.
6. Непрерывная пористость обеспечивает сквозной проход с одной поверхности отливки к другой.
7. Полностью замкнутая пористость представляет собой газовые пузырьки внутри тела отливки.

Для хорошей декоративной отделки поверхность детали должна быть однородной. Для этого надо не только закрыть поры, но полностью заполнить их изнутри, не оставляя пространства для попадания загрязнений в виде отделочных материалов. Эта задача решается контролем за динамикой процесса пропитки.

Как уже ранее отмечалось, вода, кислоты и растворители часто остаются внутри пор и выходят наружу только после нанесения финишного покрытия. Исследования показали, что вода с ее нормальным поверхностным натяжением 65-70 дин/см<sup>2</sup> не способна проникать внутрь пор с входным диаметром менее 65 микрон. Однако при добавлении в воду СОЖ и масел (для облегчения резания), либо при повышении температуры поверхностное натяжение ослабевает и жидкость проникает даже в меньшие поры. Там она удерживается за счет капиллярных сил до тех пор, пока не происходят физические изменения материала – чаще всего, коррозия.

Для успешного нанесения финишных покрытий нужна поверхность высокой степени чистоты. Однако многие технологии очистки основаны на применении воды, что плохо совместимо с задачами пропитки пористости. Поэтому после очистки и перед пропиткой детали следует подвергать тщательной сушке при температуре около 150 градусов С в течение минимум 30 минут. Такая подготовка дает возможность выполнить полное заполнение пор при пропитке.

Во время пропитки детали помещаются в камеру, из которой откачивается воздух. Выдержка деталей в вакууме позволяет удалить воздух из пор, а затем, сохраняя вакуум, камера заполняется пропиточным составом Резинол 88С. Состав имеет низкую динамическую вязкость и быстро заполняет доступные ему поры. Затем, как правило, в камере создается избыточное давление, и оно, в совокупности с капиллярными силами, заставляет состав проникнуть в самые отдаленные поры. После выравнивания давления детали центрифугируются, промываются водой и направляются в камеру полимеризации, где выдерживаются при температуре около 90 градусов С в течение 10-20 минут, в зависимости от массы деталей. В это время происходит полимеризация состава и он становится единым целым с материалом детали.

Пропиточный состав Резинол 88С был разработан специально для герметизации микропористости, он характеризуется способностью легко проникать в поры и «держаться» в них за счет капиллярных сил до момента полимеризации. Он не дает усадки при полимеризации и не забивает мелких отверстий и резьбы.

Герметизация приповерхностной пористости значительно улучшает качество финишных покрытий. Если, при анодировании, пористость ведет к утоньшению покрытия, его рыхлости и дальнейшему осыпанию, то предварительная пропитка увеличивает толщину покрытия и его коррозионную стойкость. Так как анодные покрытия образуются в результате химических реакций, вызванных электрическим током между поверхностью металла и кислотной ванной, то неровная поверхность с порами требует большего времени обработки для достижения требуемой толщины покрытия. Побочным отрицательным результатом увеличения времени является деградация оксида, что ведет к мягкой поверхности покрытия, недостаточной коррозионной стойкости, плохому внешнему виду.

Пропитка металла до анодирования заполняет все поры, предохраняя их от попадания остатков технологических жидкостей, которые могут стимулировать процесс коррозии в дальнейшем. Одновременно создается прочная база для нанесения покрытия требуемой толщины.

**Выводы.**

Для декоративных финишных покрытий вакуумная пропитка приносит реальный экономический эффект за счет уменьшения процента брака. Помимо этого появляются и побочные положительные эффекты, например становится возможным уменьшить толщину покрытия (и время его нанесения) за счет более однородной поверхности материала без ущерба для коррозионной стойкости.