

Выводы

При упругом изгибе биметаллического листа наиболее опасным является скачок напряжений на границе соединения слоев материала. Так как качество биметаллического листа в большинстве случаев определяется свойствами соединительного слоя, то предельное допустимое напряжение не должно превышать критическую величину.

Литература

1. Давыдов В.И., Максаков М.П. Производство гнутых тонкостенных профилей методом профилирования на роликовых станках. – М.:Металлургиздат, 1959, 233 с.
2. Кобелев А.Г., Потапов И.Н., Кузнецов Е.В. Технология слоистых металлов. / Учебное пособие М.:Металлургия, 1991, 248 с.
3. Типалин С.А. Экспериментальное исследование процесса выдавливания технологической канавки в оцинкованной полосе. / Известия МГТУ «МАМИ» 2012 . № 2. Т. 2. с. 208-213.
4. Щедрин А.В., Ульянов В.В., Бекаев А.А., Скоромнов В.М., Ванюшкина М.С., Абрамова Т.Г., Хомякова Н.В., Чихачева Н.Ю. Совершенствование методов комбинированного протягивания тел вращения. / Вестник машиностроения. 2009. № 05. с. 36-40.
5. Лысов М.Н. Теория и расчет процессов изготовления деталей методами гибки / М. Машиностроение 1966, 236 с.
6. Саушкин Г.Б., Моргунов Ю.А. Электрохимическое нанесение информации на поверхность деталей машин. / Упрочняющие технологии и покрытия 2009 № 12. с. 45-49.
7. Митрюшин Е.А., Моргунов Ю.А., Саушкин С.Б. Унифицированные технологии изготовления штампов с применением электрофизических методов обработки. / Металлообработка 2010. № 2. с. 42-45.
8. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А., Гладков В.И., Никитин М.Ю. Исследование обтяжки с растяжением листового материала. / Известия МГТУ "МАМИ". Научный рецензируемый журнал. - М., МГТУ "МАМИ", № 1 (5), 2008. с. 206-212.
9. Типалин С.А. Исследование изгиба упрочненного оцинкованного листа. / Известия МГТУ «МАМИ», 2012. № 2., т. 2. с. 199-204.
10. Типалин С.А. Локализованный изгиб и скручивание оцинкованной полосы при формообразовании швеллера. Известия МГТУ «МАМИ», 2012. № 2, т. 2. с. 204-208.
11. Типалин С.А., Сапрыкин Б.Ю., Шпунькин Н.Ф. Краткий обзор многослойных листовых деформируемых материалов используемых для защиты от шума. / Известия МГТУ «МАМИ», 2012. № 2., т. 2, с. 194-199.
12. Филиппов Ю.К., Игнатенко В.Н., Головина З.С., Рагулин А.В., Анюхин А.С., Гневашев Д.А. Экспериментальное исследование течения металла при комбинированном процессе радиального и обратного выдавливания в конической матрице Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2011. № 9. с. 33-35.
13. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А. Исследование свойств многослойных листовых материалов. / Заготовительные производства в машиностроении. 2013 № 1, с. 28-31.

Упрочнение поверхностей изделий нанесением покрытий физико-химическим методом

к.т.н. проф. Шандров Б.В., доц. Филиппов В.В., Хомякова Н.В., Волков С.В.

Университет машиностроения
8(919)101-62-84, filkas@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается вопрос применения нового электролита на основе фосфата натрия для упрочнения наружных цилиндрических поверхностей деталей из алюминиевого сплава

Ключевые слова: повышение ресурса, износостойкость, изменение размера, микродуговое окисление, электролит

Физико-химические методы обработки изделий в настоящее время широко применяют-

$(\text{Na}_2\text{O}_3)_n\text{SiO}_2$ с силикатным модулем $n=2,5$, разводимых в дистиллированной воде в концентрации 10 г/л и 2 г/л соответственно. Поверхность под упрочнение методом МДО получена токарной обработкой, $Ra=1,25\dots 2,5\mu\text{м}$. Программа проведения экспериментального исследования представлена в таблице 1.

Таблица 1

Программа экспериментального исследования МДО гладких валов

Номер образца	Сила тока I, А	Плотность тока q, А/дм ²	Время обработки t, мин
1	15	23,44	10
2	6	9,38	30
3	10	15,63	30
4	6-10-15	9,38 - 15,63 - 23,44	10 -10 -10
5	6 -15	9,38 - 23,44	20 - 10
6	12 -11-10	18,75 - 17,19 - 15,63	15 -15 -15

Образцы 4, 5 и 6 обрабатывались серией режимов с целью выявить целесообразность и особенности обработки МДО с изменением энергетических показателей процесса в течение всего времени обработки. Например, образец 5 обрабатывался первые 20 минут при плотности тока $q = 9,38 \text{ А/дм}^2$, следующие 10 минут при плотности тока $q = 23,44 \text{ А/дм}^2$.

В процессе проведения экспериментальных исследований контролировалось протекание процесса МДО (визуально), оценивались изменение шероховатости поверхности и изменение размера образца после нанесения покрытия. При выполнении экспериментальных исследований использовались: профилограф-профилометр электронный модели 130, позволяющий измерить различные параметры шероховатости поверхности (рисунок 2), электронный микроскоп модели Falcon Vision (рисунок 3).

Визуальное наблюдение процесса МДО является важным этапом исследований (рисунок 4). Благоприятное протекание процесса характеризуется равномерным средней или высокой яркости свечением бело-желтого оттенка. Анализируя результаты наблюдений, можно предположить, что образцы 1,4 и 5, характеризуемые наличием в процессе обработки периодов с плотностью тока более 20 А/дм^2 , отличаются склонностью к образованию дуговых пробоев в зоне обработки. Дуговые пробои снижают эффективность упрочнения и зачастую приводят в отбраковке упрочненных изделий. С этой точки зрения наиболее благоприятными условиями протекания процесса МДО представляются режимы упрочнения, выбранные для образцов 2 и 3.

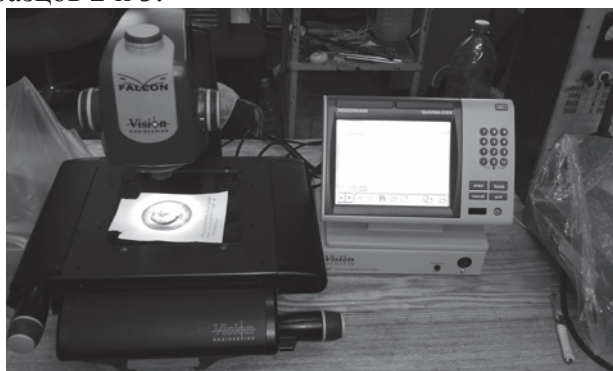


Рисунок 3. Электронный микроскоп Falcon Vision



Рисунок 4. Яркое равномерное свечение поверхности заготовки при микродуговом оксидировании

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 2.

С точки зрения шероховатости упрочненных поверхностей не наблюдается четко выраженной закономерности. Это является ожидаемым результатом, так как образованное покрытие условно представляет собой два слоя: основной (рабочий, отличающийся повышенными износостойкостью, прочностью, меньшей пористостью) и так называемый муллитный слой (менее прочный и более рыхлый, свойства которого, однако, могут быть эффективно использованы, например, в случае нанесения диэлектрических покрытий). Муллитный слой при

производстве изделий может быть легко удален, например, тонким полированием.

Таблица 2

Результаты экспериментального исследования

Номер образца	Ra, мкм	d _{исх} , мм	d _{кон} , мм	Δd, мм	Характер свечения	Примечание
1	1,40	17,433	17,987	0,554	Плотное оранжевое	Начало сильных пробоев через 6 минут
2	0,815	17,961	17,918	0,043	Бело-фиолетовое	
3	2,39	17,923	17,829	0,094	Белое	Редкие пробои через 30 минут
4	3,71	17,947	17,864	0,083	Белое	Пробои через 12 минут
5	1,94	17,920	17,913	0,007	Бело-фиолетовое	Пробои через 24 минуты
6	3,97	17,879	17,844	0,035	Белое-оранжевое-слабое	Пробои через 6 минут

Анализируя изменение размера после упрочнения образцов, можно утверждать, что выбранный состав электролита и режимы упрочнения приводят к увеличению размера изделия в среднем на 3-50 мкм на сторону (образцы 2-6). Более значительные величины приращения размера характерны для больших плотностей тока. При этом, хотя такие приращения и могут достигать 200-250 мкм на сторону (образец 1), такие покрытия обладают худшими характеристиками, большей пористостью, а сопровождающие процесс упрочнения дуговые разряды могут приводить к дефектам в покрытии.

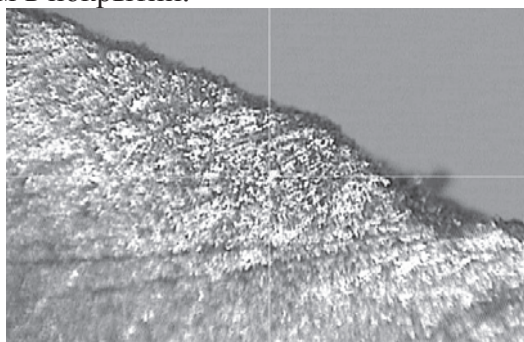


Рисунок 5. Микрофотография поперечного среза образца с поверхностью, упрочненной микродуговым оксидированием

Изучение поперечных срезов образцов после упрочнения на электронном микроскопе позволяет заключить, что упрочнение методом МДО не приводит к изменению макрогеометрии упрочняемых поверхностей. То есть дефекты погрешности формы, волнистость поверхности, макродефекты на упрочняемых объектах не исправляются (рисунок 5).

Таким образом, по результатам выполненных исследований можно заключить, что применение электролита на основе фосфата натрия обеспечивает требуемое качество получаемых покрытий. Следует выполнять упрочнение при плотностях тока, не превышающих 20А/дм², избегая при этом условий, приводящих к пробоям и образованию дуговых процессов при обработке. Введение дополнительных периодов обработки и изменение силы тока в процессе упрочнения не приносит существенных результатов с точки зрения характеристик получаемого покрытия. Для исследования эффективности упрочнения с точки зрения структурно-фазового состава поверхностного слоя требуются дополнительные исследования.

Литература

1. Астахов Ю.П., Кочергин С.А., Моргунов Ю.А., Митрюшин Е.А., Саушкин Г.Б. Микрообработка поверхностных рельефов с применением физико-химических методов воздействия на материал. Научные технологии в машиностроении, 2012, № 7. с. 33-38.
2. Забельян Д.М., Рогов В.В., Митрюшин Е.А., Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П. Скоростная электроэрозионная обработка пазов системы охлаждения жаровой трубы камеры сгорания / Металлообработка, № 3, 2012. с. 14-19.
3. Калашников А.С., Моргунов Ю.А., Калашников П.А. «Обработка термически неупроч-

- ненных цилиндрических и конических зубчатых колес». Приложение к журналу «Справочник. Инженерный журнал. № 2(191), М.: Машиностроение, 2013. с. 1-24.
4. Бавыкин О.Б. Оценка качества поверхности машиностроительных изделий на основе комплексного подхода с применением многомерной шкалы // Известия МГТУ «МАМИ». – 2012, № 1 (13). с. 139-142.
 5. Саушкин Б.П., Шандров Б.В., Моргунов Ю.А. Перспективы развития и применения физико-химических методов и технологий в производстве двигателей. Журнал «Известия МГТУ «МАМИ», 2012, № 2, с. 242...248.
 6. Шандров Б.В., Морозов Е.М. Земскова Е.П. Разработка высокоэффективных технологий упрочнения деталей автомобиля из алюминиевых сплавов. Журнал «Автомобильная промышленность», № 2, 2006.
 7. Жуковский А.В., Шандров Б.В. Мониторинг процесса микродугового оксидирования с применением персонального компьютера. Журнал «Известия МГТУ «МАМИ» № 1 (7), 2009, с. 121-124
 8. Шандров Б.В. Оборудование и технологии микродугового оксидирования. Журнал «Автомобильная промышленность», № 5, 2007.

Особенности проектирования накатников для чистовой обработки зубчатых венцов

к.т.н. проф. Черепяхин А.А., к.т.н. проф. Виноградов В.М.
Университет машиностроения

8(495)4670950. tkm1410@yandex.ru, 8(499)1621351, trada73@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены специфические особенности холодного чистового накатывания зубьев среднемодульных колес. Показано, что необходимо модифицирование зуба инструмента как у головки, так и у ножки. Даны рекомендации как по геометрическим, так и по точностным показателям проектируемого инструмента.

Ключевые слова: обработка зубчатых колес, холодное накатывание, накатник, модифицирование, припуск

Холодное накатывание зубьев трансмиссионных колёс выполняют после зубофрезерования червячными фрезами как с модифицированным профилем, так и без модификации.

В процессе калибрования возникает относительное взаимное скольжение зубьев обрабатываемого колеса и накатника. Со стороны зуба колеса, соприкасающейся с ведущей стороной зуба накатника, металл перемещается от головки и ножки в направлении делительной окружности, в связи с этим в зоне делительной окружности образуется выступ. На обратной стороне зуба колеса скольжение происходит от делительной окружности к головке и ножке зуба колеса, в результате около делительной окружности появляется впадина. Перемещение металла к головке зуба ведёт к увеличению наружного диаметра заготовки, а при перемещении его к ножке зуба во впадине образуется наплыв металла по всей длине зуба.

Таким образом, для производства точных зубчатых колёс трансмиссий автомобилей их зубья необходимо модифицировать как по головке путём фланкирования, так и по ножке путём подрезания с помощью специальных червячных фрез, имеющих фланк в ножке зуба фрезы и «усик» (протуберанец) на головке зуба фрезы.

Фланк в ножке зуба фрезы предназначен для срезания металла в виде фаски на головке зуба обрабатываемого колеса, а «усик» на головке зуба фрезы - для подрезания ножки зуба колеса. Это необходимо для отслоения стружки в результате наплыва металла в направлении ножки зуба и свободного выхода головки накатника в зоне ножки во время калибрования.

Металл, выдавливаемый во впадину зуба, представляет собой отдельные прилипшие иглообразные стружки, удаляемые различными способами. В процессе холодного калибрования зубьев, не имеющих подрезания впадины, обычно часть материала в зоне ножки срезает-