Выявленные зависимости позволяют оптимизировать технологический процесс поверхностной обработки конструкционных материалов с целью повышения циклической долговечности, сокращения трудоемкости и энергозатрат при проведении поисковых работ, а также снижения металлоемкости конструкций машин и механизмов за счет уменьшения их толщины.

Таким образом в работе показано, что поверхностная обработка дает больший эффект на повышение циклической долговечности конструкционных материалов по сравнению с объемной пластической деформацией. Предлагается метод оценки целесообразности введения в технологический процесс операций ППД с целью существенного повышения эксплутационной долговечности металлоизделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пачурин Г.В. Повышение долговечности сварных соединений// Заготовительные производства в машиностроении. 2004. № 11. С. 12-18.

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПОВЕРХНОСТНО ОБРАБОТАННОЙ СТАЛИ 40Х

Власов В.А., Пачурин Г.В.
Нижегородский государственный технический институт им. Р.Е. Алексеева
Нижний Новгород, Россия

Дробеструйная обработка после правки существенно повышает долговечность цельных цилиндрических образцов из нитроцементованной (на слой 0,4 мм) закаленной с низким отпуском (180 ^{o}C) стали 40Х в 4,32 раза. Фрикционно-упрочняющая обработка (ФРУО: скорость вращения диска 68 м/с; скорость вращения детали 0,20 м/с; подача 1,2 мм/об; глубина снимаемого слоя 0,4 мм; длина контакта диска с деталью 4,5 мм; шероховатость поверхности *Ra* = 0,54… 0,63 мкм; технологическая среда - масло "И-12А") цилиндрических образцов из закаленной (860 ^{o}C, масло) и высокоотпущенной (550 ^{o}C) стали 40Х понижает сопротивление усталостному разрушению, как на воздухе (с 510 до 100 МПа, база испытаний 10^7 циклов), так и в коррозионной среде (с 370 до 80 МПа, база испытаний 10^7 циклов). Это связывается с возникновением в поверхностном «белом слое» или под ним растягивающих остаточных напряжений, в зоне которых возможно зарождение усталостных трещин. Так по данным фрактографического анализа очаги разрушения зарождаются на глубине ~ 50 мкм от поверхности, то есть в зоне растягивающих остаточных напряжений [1].

Обкатка роликом (нагрузка на ролик 1765 Н; скорость вращения образца 0,45 м/с; подача 0,11 мм/об) образцов после ФРУО изменяет величину и характер распределения остаточных напряжений. Они становятся сжимающими, а их максимальная величина наблюдается у поверхности образца (400 и 750 МПа, соответственно). При этом растягивающие напряжения, смещаясь вглубь образца (более 800 мкм), обуславливают зарождение усталостной трещины уже на глубине 100 мкм. Предел выносливости образцов из стали 40Х, обкатанной роликами после ФРУО повышается ~ в 1,6 раза (с 340 до 560 МПа) на воздухе и более чем в 10 раз (с 40 до 429 МПа) в коррозионной среде по сравнению с фрикционно-упроченными образцами.

Известен [2] способ поверхностного упрочнения металлических деталей из стали 40Х с целью повышения сопротивления усталостному и коррозионно-усталостному разрушению: поверхностная термопластическая деформация ПТПД - (скорость вращения образца 20 об/мин; скорость вращения диска 6700 об/мин; подача 1,2 мм/об; глубина врезания диска 0,4мм; высота диска 6 мм; диаметр 250 мм; технологическая среда - насыщенный водный раствор солей хлоридов магния и кальция; материал диска - сталь 40Х), ППД - обкатка роликом (скорость вращения образца 0,45 м/с; подача 0,11 мм/об; число проходов 1; диаметр ролика 55 мм; радиус профиля рабочей частоты ролика 4,5 мм), отпуск (160 ^{o}C, 2 ч).

Обнаружено, что предел выносливости закаленной и высоко отпущенной стали 40Х, обработанной по этому режиму (ПТПД), составляет 360 МПа на воздухе и 50 МПа в коррозионной среде (база испытания $2\cdot10^7$ и $5\cdot10^7$ циклов, соответственно).

Предлагается способ поверхностной обработки стальных изделий [3], отличающихся от известного [2] тем, что при ПТПД в качестве технологической среды используется 5%-ный водный раствор «Эмульсола ФМИ-3» (обычно применяемого при механических обработках без нагрева и выпускаемого серийно в промышленности), улучшающий качество поверхностных слоев детали за счет отсутствия интенсивного наводороживания металла при импульсном нагреве и возникновения остаточных напряжений сжатия σ_Z с максимумом у поверхности детали.

Предел выносливости образцов из стали 40Х после упрочнения по предлагаемому режиму на воздухе увеличился в 2,2 раза, а в коррозионной среде в ~ 10 раз по сравнению с образ-

цами, обработанными по известному способу и составил соответственно 815 и 510 МПа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бережницкая М.Ф., Меженин Н.А., Власов В.А., Пачурин Г.В. и др. Повышение качества стальных и чугунных изделий комплексным методом. - В кн.: Прогрессивные методы и средства обеспечения качества изготовления деталей машин / Тез. докл. науч.-техн. конф.- Н.Новгород,-1992.- С.22-23.

2. Авторское свидетельство СССР №1574646, кл. С12Д 1/34, 1990, Бюл.№24.

3. Пачурин Г.В. Эксплуатационная долговечность пластически обработанных сталей и сварных соединений// КШП. ОМД. 2004. №12. С. 3-8.

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРЕННЫХ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ ГАЗОВ НА КАЧЕСТВО ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Кудаков У.Д., Силаев И.В.,
Наконечников А.В., Кондратенко Т.Т.*
ГОУ ВПО «Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова», Владикавказ, Россия
** ГОУ ВПО «Московский Государственный Институт Стали и Сплавов», Москва, Россия*

Одним из важных этапов в производстве изделий электроники является локальная обработка микроучастков полупроводникового кристалла различными технологическими жидкостями. По данным разных авторов [1,2], в воде содержатся пузырьки растворенных газов, имеющие радиусы в пределах 10^{-7}-10^{-3}см, что соизмеримо со структурными элементами, образующими полупроводниковые приборы различной степени интеграции, при их объемной концентрации 10^{6}-10^{7} см$^{-3}$. Некоторые авторы сообщают о том, что им удалось обнаружить сверхмалые пузырьки радиусом $1{,}8\cdot10^{-7}$см с концентрацией 10^{11}см$^{-3}$ [3]. Однако вопрос о стабильном существовании в воде таких пузырьков до настоящего времени остается нерешенным. Наличие пузырьков газов в травителях и растворах финишной очистки приводит к неравномерной подготовке поверхности. Поэтому задача очистки всех химических реактивов от растворенных газов является актуальной в технологии производства полупроводниковых приборов. Качество обработки поверхности напрямую зависит от того, насколько она доступна для молекул химических реактивов. Степень очистки определяется тем, насколько хорошо на этапе промывки были удалены продукты реакции и остатки непрореагировавших химических реактивов. Этому мешают микроскопические пузырьки растворенных газов, которые перекрывают доступ к поверхности, понижая качество её обработки на том или ином этапе технологического процесса. Микроскопические пузырьки могут также объединяться между собой, образуя более крупные, что приводит к еще большему перекрытию доступа к обрабатываемым поверхностям травителей и промывочных растворов. Дисперсные системы, содержащие большое количество газовых пузырьков, встречаются часто в природе и технике.

Теоретические и экспериментальные исследования физических характеристик дисперсных систем с пузырьками газа при различных внешних воздействиях представляют большой научный и практический интерес в электронной промышленности и в некоторых технологических процессах. Эксперименты по малоугловому рассеянию нейтронов в очищенной от примесей воде в длинноволновой области спектра рассеяния нейтронов, проведенные в работе [4], дали результаты, которые служат прямым доказательством того, что в воде присутствуют частицы, размер которых сравним с длиной волны нейтронного излучения. Таким образом, существование мельчайших пузырьков газа в воде считается установленным фактом. Однако в литературе, посвященной длительно отстоявшейся дистиллированной воде, имеются разногласия в оценках размеров и объемной концентрации стабильных газовых пузырьков. Так же имеются сведения о том, что полностью дегазированная вода растворяет жир, образуя устойчивую во времени эмульсию.

Задача, возникающая в процессе производства полупроводников, заключается в том, чтобы как можно лучше очистить поверхность полупроводникового кристалла или границу выхода p-n перехода, которые при последовательных технологических процессах подвергаются травлению кислотами или щелочами и соответствующей промывке изделий деионизованой водой после каждой химической реакции. В процессе производства электронных компонентов важную роль играет смачиваемость поверхностей, подвергаемых многоступенчатым технологическим процессам. Впервые предлагается для улучшения характеристик выпускаемой продукции электроники - удалять из жидкости растворённые в ней газы. Таким образом возможно существенно улучшить качество и скорость травления химическими реактивами. Наряду с этим улучшится полнота очистки деионизованной водой остат-