

Поступающий на вход АРРИН-2М через БС электрический сигнал усиливается и управляет работой выходного тиристорного ключа АРРИН-2М, регулирующего уровень управляющего напряжения тиратронов ГТВЧ.

Принцип регулирования подаваемой на нагреваемую заготовку мощности заключается в том, что при повышении температуры в диапазоне 600...1300 °С выходное напряжение регулятора АРРИН-2М, а следовательно, и подводимая к индуктору ГТВЧ мощность снижается.

Продолжительность изотермической выдержки устанавливается с помощью реле времени РВ, управляемого реле уровня РУ выходного сигнала ПВВ-3 АПИР-С.

Выводы

В результате анализа технологических особенностей процесса индукционного центробежного припекания порошковых покрытий, на внутренние поверхности полых цилиндрических заготовок при нагреве наружным индуктором тока высокой частоты показано, что наиболее рациональным является поддержание заданной температуры спекания порошка путем пирометрического контроля температуры наружной поверхности заготовки и регулирования мощности нагрева. Разработана система контроля и регулирования температуры при центробежном индукционном припекании.

Список использованных источников

1. Дорожский Н.Н., Кашицин Л.П., Абрамович Т.М., Кирпиченко И.А. Центробежное припекание порошковых покрытий при переменных силовых воздействиях / Под ред. В.Г. Горбцова. — Мн.: Наука і тэхніка, 1993. — 159 с.
2. Дорожский Н.Н., Абрамович Т.М., Жорник В.И. Получение покрытий методом припекания. — Мн: Наука и техника, 1980. — 176 с.

УДК 620.178.15

В.М. Кенько, И.Н. Степанкин

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА РАЗРУШЕНИЯ ДИФфуЗИОННО-УПРОЧНЕННЫХ КАРБИДНЫХ СЛОЕВ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет
им. П.О.Сухого»
г. Гомель, Беларусь

It is shown that modifying of P6M5 high speed steel surface hardening practice enables to modify the properties of the layers hardened in order to adapt them to operation modes of a particular kind of machining attachments.

Введение

Диффузионное упрочнение быстрорежущих сталей, в том числе науглероживанием, позволяет не только увеличить износостойкость поверхностного слоя, но и повысить выносливость

материала [1]. Прочностные характеристики сталей ледебуритного класса во многом обусловлены ориентацией карбидных строчек и отдельных включений, по отношению к линии действия эксплуатационной нагрузки [2]. При изготовлении сложнопрофильного инструмента, из высоколегированных инструментальных сталей с последующим диффузионным упрочнением рабочей поверхности текстура металла и размеры карбидных включений могут оказывать влияние на прочностные характеристики упрочненного слоя в условиях его деформации в процессе работы инструмента.

Объекты и методики исследований. Объектами исследований являлись диффузионно-упрочненные карбидные слои быстрорежущей стали Р6М5, сформированные на образцах с различной ориентацией текстуры. Призматические образцы, вырезали из катаного сортамента диаметром 70 мм, таким образом, чтобы ориентация карбидных строчек по отношению к продольной оси образца составляла 0, 45 и 90 градусов. Для визуализации деформированного состояния в окрестности карбидных включений на исследуемую поверхность с помощью индентора Виккерса наносили координатную сетку с шагом 50 мкм.

Величину растягивающих напряжений в момент разрушения экспериментального образца определяли экспериментально, с помощью тензометрирования.

Результаты исследований и их обсуждение

Проведение исследований деформированного состояния в условиях внешней растягивающей нагрузки по стандартной методике — осевому растяжению цилиндрических образцов, не позволяет выявить кинетику накопления структурных повреждений в упрочненном слое и оценить его собственные прочностные характеристики. Это обусловлено тем, что разрушение материала с упрочненным слоем, в котором формируются остаточные напряжения сжатия, сопровождается сравнительно небольшими пластическими деформациями, локализующимися под упрочненным слоем [3]. Для создания однородного напряженного состояния при растяжении карбидного слоя стали Р6М5, в призматических образцах с различной ориентацией текстуры изготавливали отверстия. Численное моделирование напряженного состояния экспериментального образца при его трехточечном изгибе показало, что напряженное состояние поверхности металла под отверстием представляет однородное растяжение (рис. 1). Толщина перемычки, подвергаемой растяжению, составляет 0,5 мм, что соответствует толщине упрочненного слоя при диффузионном насыщении по технологии, предложенной в [4].

При небольших увеличениях упрочненный слой представляется в виде светлой полосы. В нем легко различимы текстурные скопления первичных карбидных частиц. Исследование этих зон при больших увеличениях показали, что карбидная ликвация представлена как дендритными образованиями специальных легированных карбидов, так и их строчечными скоплениями (рис. 2, а). Между линиями текстурных образований карбидной полосчатости располагаются зоны игольчатого мартенсита, насыщенного большим количеством дисперсных вторичных карбидных частиц (рис. 2, б).

Испытания образцов с разрушением зоны упрочненного слоя показали, что магистральная трещина распространяется по сечению, в котором действуют максимальные растягивающие напряжения (рис. 3). В

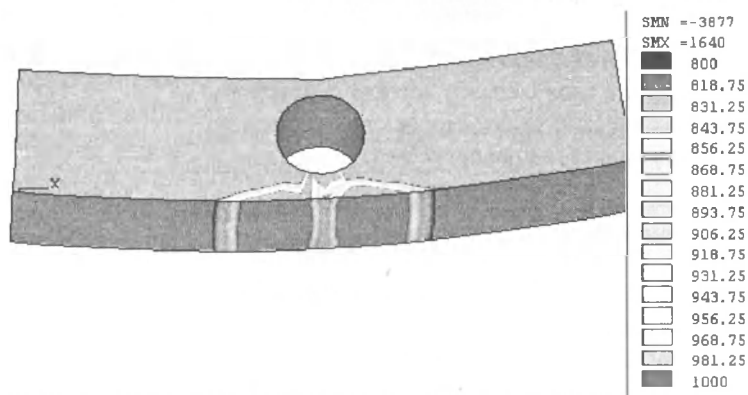


Рис. 1. Результаты численного моделирования напряженного состояния экспериментального образца (МПа)

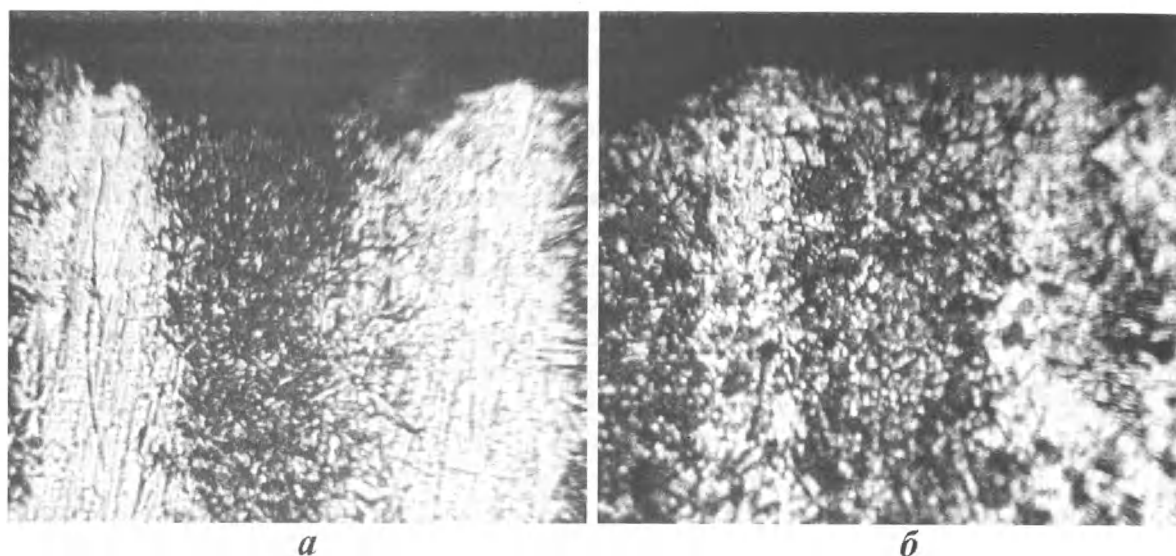


Рис. 2. Структура полос карбидной неоднородности в упрочненном науглероживанием поверхностном слое стали P6M5 ($\times 600$): дендритные образования (а) и скопления включений (б)

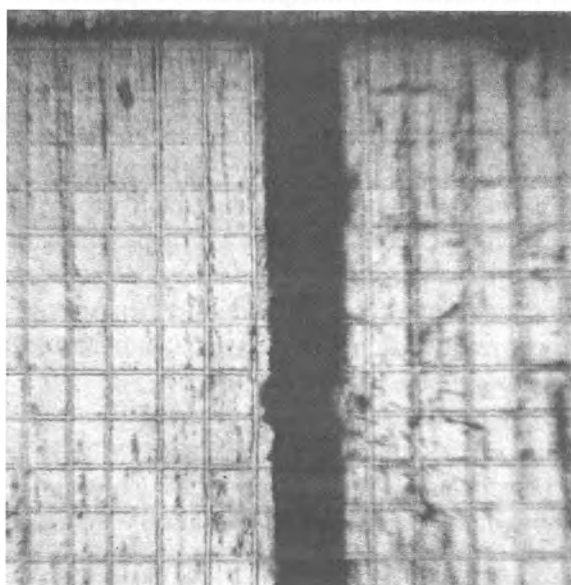


Рис. 3. Характер разрушения карбидного упрочненного слоя в случае перпендикулярного расположения карбидных строчек по отношению к линии действия внешнего растягивающего напряжения ($\times 300$)

но линии приложения внешнего растягивающего напряжения, требует приложения наивысшей нагрузки (рис. 6). При этом многочисленные линии скольжения блокируются на карбидных строчках (рис. 7).

Упругая энергия деформации упрочненного слоя вызывает появление большого количества линий скольжения, их наложение друг на друга и, в конечном итоге, образование микропор, которые в дальнейшем распространяются в виде магистральной трещины.

Исследование механизма разрушения упрочненного слоя, в котором карбидные строчки

процессе разрушения образцов с поперечным расположением карбидных строчек трещина распространяется практически перпендикулярно исследуемой поверхности образца и линии приложения внешней растягивающей нагрузки.

Такой характер разрушения свидетельствует о разделении материала отрывом, т.е. деформация упрочненного слоя происходит в соответствии с закономерностями линейной механики разрушения материалов. Вдоль берегов трещины обнаруживаются многочисленные линии скольжения. Их протяженность достигает 50 и более мкм, что свидетельствует о возникновении достаточно развитой зоны пластического течения в области разрушения диффузионного слоя (рис. 4). Видно, что карбидные частицы, располагающиеся перпендикулярно линиям скольжения, блокируют их распространение вглубь материала вызывая появление полосы отклика, которая в конечном итоге замыкается на берега трещины [5].

Разрушение упрочненного слоя, в котором карбидные частицы располагаются параллельно

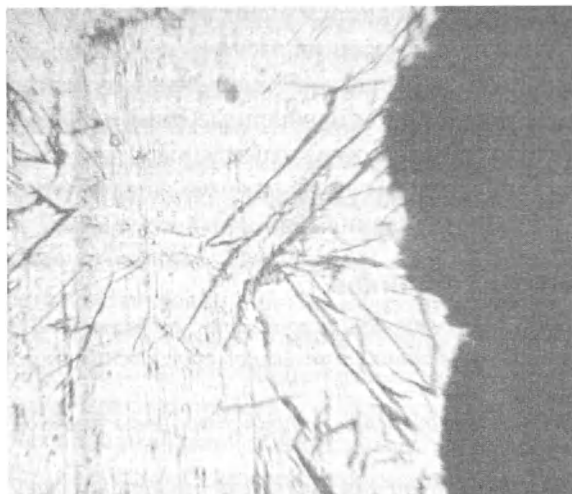


Рис. 4. Характер зарождения трещин в упрочненном слое в случае перпендикулярного расположения карбидных строчек по отношению к линии действия внешнего растягивающего напряжения ($\times 1600$)

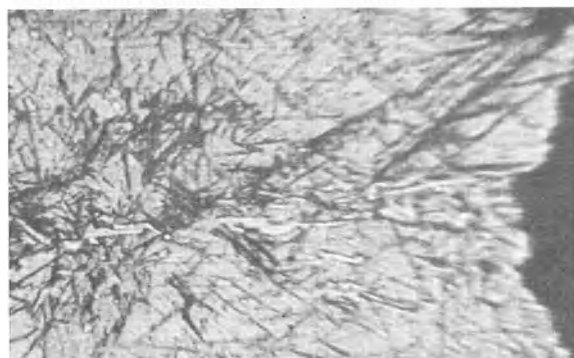


Рис. 6. Характер зарождения трещин в упрочненном слое в случае параллельного расположения карбидных строчек по отношению к линии действия внешнего растягивающего напряжения ($\times 1800$)

расположены под углом 45° к линии приложения внешней нагрузки, показало, что процесс деформации охватывает небольшие объемы материала в окрестности карбидных включений (рис. 7). Скопления включений служат концентраторами напряжений. Небольшое количество достаточно протяженных линий скольжения проходит через пограничные зоны включения — матрица практически не испытывая сопротивления со стороны более пластичной матрицы. Начальное направление распространения трещины совпадает с ориентацией включений. Затем она изменяет направление своего распространения на перпендикулярное по отношению к внешней нагрузке. При этом от металла образца отделяются фрагменты.

Заключение

При испытании упрочненного материала в условиях растягивающих напряжений упругая энергия деформации карбидных слоев на высоколегированных сталях трансформируется в

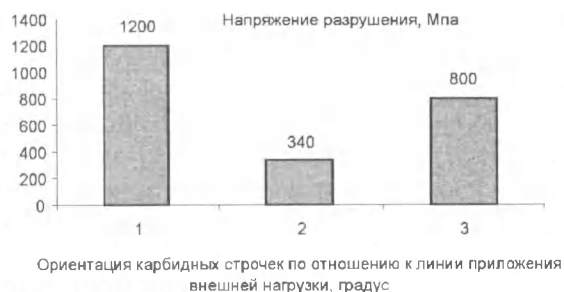


Рис. 5. Прочность карбидных слоев быстрорежущей стали Р6М5 в зависимости от ориентации карбидных частиц



Рис. 7. Характер зарождения трещин в упрочненном слое в случае расположения карбидных строчек по отношению к линии действия внешнего растягивающего напряжения под углом 45 градусов ($\times 800$)

пластическую деформацию матричного материала, располагающегося в окрестности карбидных включений. Линии скольжения, свидетельствующие о протекании пластической деформации материала упрочненного слоя, располагаются под углом порядка 45° к линии приложения внешней нагрузки. Наименьшую прочность имеют диффузионно-упрочненные слои, сформированные на материале, расположение карбидных строчек в котором находится под углом 45° к линии приложения внешнего растягивающего напряжения. В этом случае максимальная внутрикристаллическая пластичность наблюдается в окрестности скопления карбидных включений.

Список использованных источников

1. В.М. Кенько, И.Н. Степанкин. Влияние напряженного состояния и градиента свойств на характер разрушения и стойкость холодновысадочных матриц / Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. Гомель. 2000. — № 1. — С. 26–32.
2. Кенько В.М., Степанкин И.Н., Столяров А.И. Износостойкость матриц холодновысадочной оснастки // Трение и износ. — 1998. — Т. 19, № 3. — С. 402–406.
3. В.М. Кенько, И.Н. Степанкин. К вопросу оценки усталостной долговечности быстрорежущей стали Р6М5, упрочненной посредством низкотемпературной нитроцементации. Материалы, технологии и оборудование для упрочнения и восстановления деталей машин: Тематический сборник / Под общ. ред. П.А. Витязя, С.А. Остапчика. — Мн: УП «Технопринт»; Новополоцк, ПГУ, 2003. — С. 93–95.
4. Пат. 4588 ВУ, МПК C23C 8/00. Способ упрочняющей обработки быстрорежущей стали / В.М. Кенько, И.Н. Степанкин, С.Н. Гузов, В.И. Бобиков, В.Ф. Пинчуков, В.М. Выгляд. — № 19980716 А; Заявл. 27.07.1998; Опубл. 30.09.2002 // Афіцыйны бюлетэнь Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь. — 2002. — № 3.
5. Р.В. Гольштейн, В.Е. Панин, Н.М. Осипенко, Л.С. Деревягина Модель формирования структуры разрушения в слое с упрочненными приповерхностными зонами // Физическая мезомеханика, 2005, том 8.

УДК 669.041

В.М. Константинов, Т.Н. Стрижевская

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Беларусь

Исследованы особенности формирования структуры конструкционных сталей с целью энергосбережения при термической обработке.

Features of formation of structure constructional steels with the purpose energy-saving are investigated at thermal processing.

Введение

В последние годы вопросы реализации политики энергосбережения и повышения энергоэффективности в Республике Беларусь приобрели особую актуальность и напрямую связаны