

НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.778.014-426:620.172.242

Чукин М.В., Емалеева Д.Г.

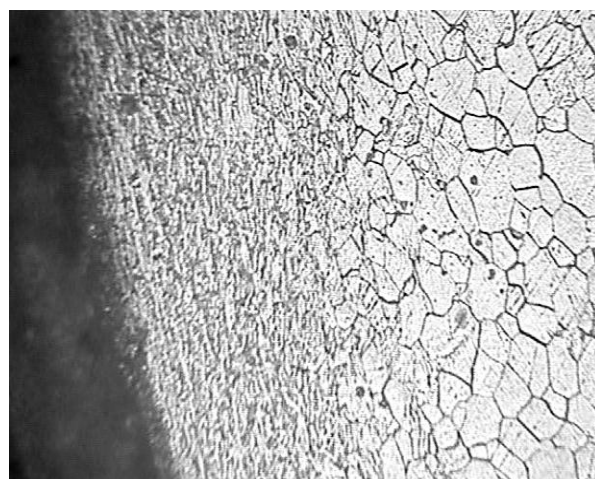
ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭВОЛЮЦИЮ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ В ПРОЦЕССЕ РКУПРОТЯЖКИ*

В последние годы наблюдается активное развитие способов интенсивной пластической деформации (ИПД), позволяющих получать ультрамелкозернистые (УМЗ) и наноструктурные материалы с уникальным комплексом физико-механических свойств (высокая твердость, износостойкость и прочность при сохранении достаточного для дальнейшей обработки уровня пластичности) [1, 2]. Однако при всем многообразии проводимых исследований остается актуальной проблема адаптации существующих разработок к непрерывным схемам обработки заготовок. Поэтому на кафедре машиностроительных и металлургических технологий ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» был разработан способ равноканальной угловой свободной протяжки (РКУПротяжка), позволяющий формировать ультрамелкозернистую структуру поверхности длинномерных заготовок и управлять механическими свойствами материала в условиях непрерывности технологического процесса.

Процесс РКУПротяжки заключается в многократном протягивании проволоки через специально разработанный инструмент, имеющий в сечении 2 пересекающихся под углом канала. Отличительной особенностью данной схемы ИПД является возможность её сочетания с традиционным способом волочения проволоки. Технологичность и непрерывность процесса реализуется за счет последовательной установки на волочильном стане необходимого количества инструмента. Обработка проволоки предлагаемым способом не влечет за собой существенного изменения формы и размеров поперечного сечения заготовок и позволяет сохранять постоянство марочного состава дефор-

мируемого материала [3].

Необходимость повышения эффективности процесса РКУПротяжки требует оптимизации режимов обработки. Поэтому целью настоящей работы является исследование влияния предварительной термической обработки (ТО) на эволюцию



а



б

Рис. 1. Микроструктура образца $D = 5,0$ мм, подвергнутого десятикратной РКУПротяжке с предварительным отжигом, $\times 200$: а – поверхность; б – центр

* Работа выполняется в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 гг.» по направлению «Конструкционные стали с ультрамелкодисперсной и наноструктурой, методы их получения и обработки» (контракт № 02.513.11.3196), а также при финансовом содействии фонда развития малых форм предприятий в научно-технической сфере ИМ. Борника.

структуры и свойств стальной проволоки в процессе РКУПротяжки.

При проведении исследований в качестве исходного материала использовалась стальная низкоуглеродистая проволока (сталь 10) различного диаметра. Образцы проволоки подвергались многократному деформированию способом РКУПротяжки с предварительной термической обработкой (отжиг при температуре 680°C, время выдержки при заданной температуре 15 мин) и без неё.

Оценка характера изменения структуры металла в ходе обработки производилась на микроскопе «ЭПИКВАНТ» с использованием системы компьютерного анализа изображений SIAMS-600. Исследование подтвердило, что РКУПротяжка сопровождается интенсивным диспергированием структурных составляющих поверхности всех исследуемых образцов (рис. 1, а). В то же время структура центральной области заготовок остается неизменной и соответствует типичной структуре исходной низкоуглеродистой стали (рис. 1, б).

При небольших увеличениях отчетливо различить строение и идентифицировать структурные составляющие образованного в результате протяжки наноструктурированного поверхностного слоя не представляется возможным вследствие высокой дисперсности микроструктуры. Можем лишь отметить, что полученный УМЗ слой имеет волокнистое строение, обнаруживаемое при малых увеличениях, и с возрастанием интенсивности обработки непрерывно увеличивается в толщине (рис. 2).

Как следует из рисунка, предварительный отжиг заготовки, подвергнутой РКУПротяжке за 10 проходов, позволил значительно интенсифицировать процесс диспергирования структурных составляющих поверхностных слоев на заключительных этапах обработки и получить УМЗ слой толщиной до 297 мкм.

С целью исследования влияния режима обработки на изменение интегральных механических свойств проволоки различного диаметра, образцы после десятикратной протяжки подвергались испытанию на одноосное растяжение с определением значений временного сопротивления и степени упрочнения материала относительно исходного

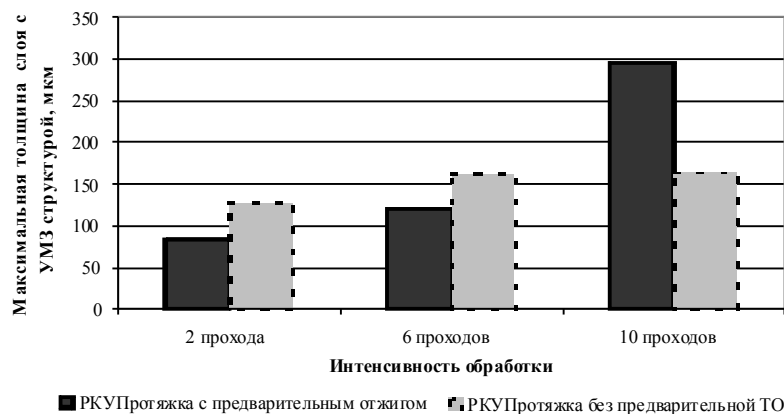


Рис. 2. Исследование изменения толщины УМЗ поверхностного слоя образца диаметром 4,5 мм

Изменение прочностных свойств проволоки в процессе РКУПротяжки

Диаметр образца, мм	Упрочнение относительно исходного состояния, %	
	РКУПротяжка с предварительным отжигом	РКУПротяжка без предварительной ТО
4,2	18,1	7,2
4,5	16,2	6,1
5,0	28,7	-18,2
5,5	27,2	-0,8

состояния (до проведения ИПД) (см. таблицу).

Анализ динамики изменения механических свойств образцов относительно исходного состояния показал, что РКУПротяжка отожженной проволоки различного диаметра вызывает стабильное увеличение уровня механических свойств образцов вплоть до 29%. Для образцов, подвергнутых протяжке без предварительной ТО, установили, что увеличение интенсивности обработки до 10 протяжек через инструмент является неэффективным с точки зрения упрочнения материала, требует дальнейшего изучения и подбора оптимальных параметров деформирования.

Проведенные исследования выявили положительное влияние предварительного отжига материала на эффективность обработки стальных заготовок способом РКУПротяжки. Полученные результаты могут быть использованы с целью дальнейшей оптимизации режимов получения длиномерных заготовок с УМЗ структурой поверхности и требуемым уровнем механических свойств.

Библиографический список

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. 398 с.
2. Особенности реологических свойств конструкционных наносталей / Чукин М.В., Гун Г.С., Барышников М.П., Валиев Р.З., Рааб Г.И. // Вестн. МГТУ им. Г.И. Носова. 2008. № 1. С. 24–27.
3. Емалеева Д.Г. Повышение уровня механических свойств стальной проволоки формированием наноструктуры поверхностного слоя // Инновации молодых учёных: Сб. докл. на 65-й научно-технической конференции. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2007. 160 с.