

XXV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 24–25 апр. 2025 г. : в 2 ч. / Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2025. – Ч. 1. – С. 234–236.

УДК 624.743.4

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И УСТРАНЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПРУТКАХ ИЗ СТАЛИ GCR15

Цуй Чжэн (магистрант, *Китай*)

*Гомельский государственный технический университет им. П.О.Сухого,
г. Гомель, Республики Беларусь*

Актуальность. Остаточные напряжения являются неизбежным явлением в процессе холодной пластической обработки металлических материалов. Особенно при производстве прутков из стали GCR15 их наличие непосредственно влияет на срок службы и безопасность продукции. Одной из причин выхода из строя подшипников, изготовленных из прутков GCR15, является отказ компонентов, вызванный остаточными напряжениями в исходном материале. Остаточные напряжения могут вызывать коррозию, деформацию и хрупкое разрушение, снижая предел усталости материала, но при оптимальном распределении способны повышать вибрационную и усталостную прочность компонентов [1, 2]. Следовательно, точное определение и эффективное управление остаточными напряжениями являются ключевыми факторами для оптимизации технологии производства прутков и обеспечения безопасности конструкций [3, 4].

Цель работы. Комплексный анализ методов определения и технологий устранения остаточных напряжений в прутках из стали GCR15, оценка потенциала их применения для совершенствования существующих технологий и достижения оптимального распределения напряжений, обеспечивающего теоретическую основу и практические рекомендации.

Результаты работы. Остаточные напряжения классифицируются по масштабу действия на три типа: напряжения I рода действуют в объеме конструкции, II рода — в пределах зерна, III рода — на атомном уровне. Методы определения в основном делятся на две большие группы: теоретические и экспериментальные.

Среди теоретических методов модель размерного анализа описывает распределение напряжений с помощью безразмерных функций. Например, на основе предела текучести, сопротивления деформации и параметров сечения устанавливаются соотношения для расчета осевых и тангенциальных остаточных напряжений. Теорема разгрузки предполагает, что при снятии нагрузки материал подвергается лишь упругому восстановлению, что

позволяет определить поле остаточных напряжений через разность напряжений.

Экспериментальные методы включают механические и физические способы. Механические методы заключаются в послойном удалении материала и измерении деформации для обратного расчета распределения напряжений, например, метод Куракуцкого применим для прутков большого диаметра. Физические методы включают рентгеноструктурный анализ, ультразвуковой контроль и голографическую интерферометрию. В частности, голографическая интерферометрия в сочетании с лазерным сканированием и цифровой записью позволяет динамически контролировать изменения поверхностных напряжений и успешно применяется для контроля качества втулок железнодорожных подшипников.

Технологии устранения остаточных напряжений в основном делятся на термическую и механическую обработку. Термическая обработка путем нагрева и быстрого охлаждения изменяет распределение напряжений и при определенных условиях может создавать благоприятные сжимающие напряжения на поверхности. Механическая обработка включает знакопеременный изгиб [5], вибростарение и многопроходную прокатку. Например, японские компании используют вращающиеся втулки для осуществления знакопеременного изгиба, эффективно снижая остаточные напряжения в трубах из медных сплавов; украинские исследователи применяют высоковольтные гидроимпульсные воздействия для интенсификации процесса релаксации напряжений с одновременным удалением окалины.

Технологические параметры оказывают существенное влияние на остаточные напряжения. При степени деформации около 0,9 % поверхностные напряжения близки к нулю; увеличение угла конусности матрицы приводит к росту растягивающих напряжений в 1,5–3 раза; при содержании углерода 0,40–0,45 % поверхностные напряжения максимальны. Кроме того, высокоскоростное волочение и качественная смазка снижают трение и температурный градиент, тем самым уменьшая неравномерность напряжений.

Заключение. Теоретические методы, такие как метод конечных разностей, при учете неоднородности деформации и температурного поля позволяют эффективно моделировать распределение остаточных напряжений, предлагая возможные пути оптимизации технологических процессов. Хотя экспериментальные методы имеют свои ограничения, в сочетании с теоретическими моделями они позволяют осуществлять поэтапный анализ и управление полем напряжений. Будущие исследования должны быть сосредоточены на точном описании граничных условий и анализе многополярных связанных полей для развития технологий производства подшипников из GCR15 в направлении снижения напряжений и повышения производительности.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю, кандидату технических наук, доценту Мартьянову Ю.В. за поддержку в процессе исследования и написания работы.

Список литературы

1. Биргер И. А. Остаточные напряжения. — М.: Машиностроение, 1963. — 232 с.
2. Buhler H., Schmitt F. I. Применение методов размерного анализа для расчета остаточных напряжений при холодной деформации // Draht. — 1966. — № 2. — С. 57–61.
3. Бобарикин, Ю. Л. Новый подход в определении оптимального диаметра деформирующего ролика канатной машины для улучшения технологических свойств металлокorda / Ю. Л. Бобарикин, Ю. В. Мартьянов, О. Ю. Ходосовская // Современные методы и технологии создания и обработки материалов : сб. науч. тр. / редкол.: В. Г. Залесский [и др.]. — Минск, 2022. — С. 29–38.
4. Бобарикин, Ю. Л. Перспективные направления совершенствования метизного производства в Республике Беларусь / Ю. Л. Бобарикин, Ю. В. Мартьянов // Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем : сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Ун-т им. Аджинкья Д. Я. Патила ; под ред. М. Н. Андриянчиковой. — Гомель, 2023. — С. 138–140.
5. Томило, В. А. Исследование влияния знакопеременного изгиба металлокorda на формирование эквивалентных напряжений в поперечном сечении / В. А. Томило, Ю. Л. Бобарикин, Ю. В. Мартьянов // Современные методы и технологии создания и обработки материалов : сборник научных трудов : в 2 книгах / Физико-технический институт НАН Беларуси ; редкол. : В. Г. Залесский [и др.]. — Минск : ФТИ НАН Беларуси, 2025. — Книга 1. — С. 304–311.

УДК 621.78

НОВЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ДИФфуЗИОННО-БОРИРОВАННОЙ СТАЛИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Чернецкий С.И. (аспирант)

*Гомельский государственный технический университет им. П.О.Сухого,
Республика Беларусь*

Введение и актуальность проблемы. В условиях интенсивной эксплуатации сельскохозяйственной техники особую роль играет