

Ю. Л. Бобарикин, М. Н. Верещагин,
Ю. В. Мартьянов

ТОНКОЕ ВОЛОЧЕНИЕ И СВИВКА
В МЕТАЛЛОКОРД СТАЛЬНОЙ
ЛАТУНИРОВАННОЙ ПРОВОЛОКИ

Гомель
ГГТУ им. П. О. Сухого
2018

Бобарикин, Ю. Л. Тонкое волочение и свивка в металлокорд стальной латунированной проволоки : [монография] / Ю. Л. Бобарикин, М. Н. Верещагин, Ю. В. Мартьянов. — Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. — 304 с. : ил. — Библиогр. : с. 297—304.

УДК 621.778

ББК 34

Абонемент №1 — 60 экз.

ОСБиИР — 1 экз.

Чит. зал № 1 — 5 экз.

Изложены результаты собственных исследований авторов по особенностям тонкого волочения и свивки в металлокорд стальной латунированной проволоки. Разработана компьютерная численная модель процесса волочения тонкой проволоки и ее свивки в металлокорд, получены аналитические закономерности экспериментальных исследований в лабораторных условиях. Определены критерии оценки оптимизируемых и разрабатываемых режимов волочения, математические зависимости для оценки напряженного и деформированного состояния проволоки. Определены факторы, влияющие на технологические свойства металлокорда и их изменение в процессе корректировки технологических режимов волочения.

Для специалистов по металлургическому производству и материалобработке: научных и инженерно-технических работников, преподавателей, а также для исследователей, аспирантов, магистрантов и студентов подходящего профиля.

Оглавление

Введение	7
Глава 1. Исследование изменения напряженно-деформированного состояния и температуры проволоки при увеличении скорости волочения	10
1.1. Критерии оценки режимов волочения	10
1.2. Математические зависимости, используемые для оценки напряженно-деформированного состояния и температурного поля очага деформации при волочении	11
1.3. Формулировка исходных данных для расчета напряженно-деформированного состояния и температурного поля очага деформации.....	15
1.4. Результаты расчета режимов многократного волочения с использованием метода конечных элементов	17
1.5. Анализ результатов расчета температурного режима многократного волочения с использованием метода конечных элементов	29
1.6. Результаты расчета напряженно-деформированного состояния и распределения температур в очаге деформации методом конечных элементов и их анализ	34
Глава 2. Исследование влияния геометрии волок на процессы деформационного старения в проволоке	42
2.1. Методология исследования влияния геометрии волокна на деформационное старение в обрабатываемой проволоке.....	42
2.2. Формулировка исходных данных для расчета напряженно-деформированного состояния и температурного поля очага деформации при изменении геометрии волокна	44
2.3. Определение зависимости между значениями оптимальных углов деформирующей зоны и значениями длин калибрующей зоны волокна по температурному критерию	46
2.4. Анализ распределения температурных полей и напряженно-деформированного состояния в проволоке и волокне для маршрута волочения с имеющимся и уменьшенным контактным трением для проектной скорости волочения	58
2.5. Анализ распределения температурных полей и напряженно-деформированного состояния в проволоке и волокне при различной длине калибрующей зоны с оптимальными углами конической деформирующей зоны	59
2.6. Анализ распределения температурных полей и напряженно-деформированного состояния в проволоке и волокне с радиальной и сигмоидальной деформирующими зонами	61

Глава 3. Экспериментально-теоретическое исследование тонкого волочения	64
3.1. Использование критерия предельной пластичности для волочения	64
3.1.1. Разрушение металлов при пластической деформации	64
3.1.2. Модель разрушения металла при больших пластических деформациях	67
3.1.3. Расчет предельных деформаций	69
3.2 Экспериментальное оборудование для исследования процесса волочения проволоки	78
3.2.1. Схема и общий вид экспериментальной установки для волочения проволоки	78
3.2.2. Измерение температуры проволоки пирометром С-300	83
3.2.3. Устройство и принцип работы	85
3.2.4. Измерение усилия волочения на базе усилителя тензометрического ТОПАЗ-3-02	87
3.2.5. Устройство и принцип работы	88
3.2.6. Измерение скорости	89
3.2.7. Блок преобразования сигналов	93
3.3. Программное обеспечение	94
3.4. Ход работы с программой	98
3.5. Вычислительный эксперимент по оптимизации и геометрии канала волюки в маршруте волочения	99
3.6. Результаты эксперимента и их анализ	116
3.6.1. Сравнительный анализ численных и экспериментальных значений усилий волочения	116
3.6.2. Влияние скорости волочения на усилие волочения	117
3.6.3. Оценка коэффициента контактного трения	118
3.7. Применение напорных волок и их влияние на условия волочения	119
3.8. Построение оптимизированных маршрутов волочения	122
Глава 4. Закономерности волочения стальной проволоки при повышенных скоростях	132
4.1. Факторы процесса волочения	141
4.2. Разработка закона упрочнения стали при волочении на повышенных скоростях	141
4.3. Оптимизация геометрии волочильного инструмента	146
4.4. Исследование контактного трения в волоке	155
Глава 5. Разработка математической модели процесса высокоскоростного волочения стальной проволоки	161
5.1. Разработка математической модели процесса волочения в сдвоенных волоках	161

5.2. Разработка зависимостей для построения маршрута волочения тонкой проволоки по температурному критерию.....	169
5.3. Разработка методики построения маршрута волочения с учетом кинематики волочильного стана.....	177
5.3.1. Общие положения.....	177
5.3.2. Расчет деформационно-кинематических параметров волочения.....	180
5.3.3. Расчет энергосиловых режимов волочения.....	182
5.3.4. Введение двояных волок в маршрут волочения.....	184
5.3.5. Применение методики расчета маршрута волочения проволоки диаметром 0,35UT мм из стали 96.....	184
5.4. Математическое описание механических свойств готовой тонкой проволоки в зависимости от режимов волочения.....	186
Глава 6. Разработка технологических процессов волочения высокопрочной и ультра высокопрочной проволоки из сталей 85, 90, 95 диаметром 0,2–0,5 мм с максимальными скоростями волочения в диапазоне 8–18 м/с.....	194
6.1. Разработка критериев оценки эффективности маршрутов волочения проволоки.....	194
6.1.1. Температурный критерий оптимизации маршрутов тонкого волочения.....	195
6.1.2. Деформационный критерий оптимизации маршрутов тонкого волочения.....	196
6.1.3. Оценка оптимизации маршрута волочения.....	201
6.2. Исследование способов снижения неравномерности деформации проволоки по поперечному сечению.....	204
6.3. Исследование влияния растяжения тонкой проволоки на ее прямолинейность.....	208
6.3.1. Определение механических свойств тонкой проволоки.....	208
6.3.2. Проведение испытаний на осевое растяжение тонкой углеродистой проволоки.....	209
6.3.3. Расчет отклонения от прямолинейности.....	212
6.4. Разработка высокоэффективных способов волочения проволоки.....	213
6.4.1. Маршрут волочения с дополнительной предчистовой волокой.....	213
6.4.2. Маршрут волочения с уменьшенным числом волок.....	216
6.4.3. Маршрут тонкого волочения с тремя дополнительными волоками.....	219
Глава 7. Анализ исходного уровня исследований в области свивки металлокорда.....	224
7.1. Методы аналитического расчета процесса свивки металлокорда.....	224

7.2. Обзор способов численного моделирования процесса свивки металлокорда. Использование метода конечных элементов для моделирования свивки металлокорда.	227
Глава 8. Законы упрочнения для свивки металлокорда	231
8.1. Обоснование выбора закона упрочнения по отношению к кручению и изгибу	232
8.2. Определение закона упрочнения для свивки проволоки в металлокорд 0,35HT; 0,30HT; 0,30SHT	236
Глава 9. Построение адекватной универсальной математической модели свивки проволоки с оценкой неравномерности деформации и ее остаточной величины	240
9.1. Общая характеристика пакетов прикладных программ для моделирования процессов ОМД	240
9.2. Описание универсальной математической модели процесса свивки проволоки в металлокорд с использованием метода конечных элементов	241
9.2.1. Описание геометрической модели и основные упрощения	241
9.2.2. Начальные и граничные условия	243
9.2.3. Законы упрочнения материала	244
9.3. Оценка полученных данных и проверка адекватности модели	245
9.4. Исследования закономерностей деформации проволоки во время свивки	249
Глава 10. Теоретический анализ влияния механических параметров тонкой проволоки на ее обрывность в процессе свивки в металлокорд и прямолинейность металлокорда после свивки	256
10.1. Изменение свойств тонкой проволоки в процессе волочения и свивки	257
10.2. Основные факторы, влияющие на обрывность металлокорда	259
10.3. Определение параметров тонкой проволоки, влияющих на прямолинейность металлокорда после свивки	262
Глава 11. Разработка технологических основ повышения прямолинейности и снижения обрывности металлокорда из высокоуглеродистой стальной латунированной проволоки	267
11.1. Влияние механических свойств на обрывность металлокорда	267
11.2. Связь между обрывностью и прямолинейностью металлокорда	273
11.3. Критерий комплексной оценки обрывности и прямолинейности металлокорда	276
11.4. Проверка адекватности и корректировка комплексного критерия оценки обрывности и прямолинейности металлокорда	284
Заключение	290
Литература	297