

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Лысьвенский филиал
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Кафедра Технических дисциплин

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Основы технологических процессов обработки металлов давлением»

основной профессиональной образовательной программы подготовки
бакалавров по направлению 22.03.02 «Металлургия»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению курсовой работы

Лысьва 2021 г.

Составитель: ст. преподаватель кафедры ТД ЛФ ПНИПУ Гусельникова Л.Н.

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «Технических дисциплин» «30» августа 2021 г, протокол № 1.

При составлении методических указаний были использованы следующие источники:

1. Основы технологических процессов обработки металлов давлением: методические указания / сост. Г. В. Шимов. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 48 с.

Содержание

1. Общие положения	3
2. Примерные варианты заданий	3
3. Этапы выполнения курсовой работы	6
4. Требования к содержанию и оформлению курсовой работы	7
Список рекомендуемой литературы	9
Приложение 1 – Образец титульного листа курсовой работы	12
Приложение 2 – Образец задания на курсовую работу	13
Приложение 3 – Пример оформления пояснительной записки	14

1. Общие положения

Цель и задачи курсовой работы

Цель курсовой работы - формирование комплекса умений и навыков в области металлургии, аналитический обзор и анализ известных литературных и патентных источников технологических вариантов выпуска конкретной металлопродукции и обоснование выбора наиболее перспективной технологии.

Основные знания, которые получает студент в процессе выполнения курсовой работы:

- знание экономических проблем технологических процессов ОМД;
- знание основ ресурсо- и энергосбережения;
- знание классических технологий обработки металлов давлением, их достоинств и недостатков.

Основным умением, которое получает студент в процессе выполнения курсовой работы, является умение оперативно выполнять аналитические обзоры и обосновывать выбор рационального технологического варианта.

Студент в процессе выполнения курсовой работы овладевает навыками выбора оборудования, применяемого при обработке металлов давлением, подготовки кратких технических заключений о мировом уровне решения конкретных проблем в области техники и технологии обработки металлов давлением.

2. Примерные варианты заданий

Типовая тематика курсовых работ.

1. Выбрать рациональный технологический вариант производства штампованных стальных мелющих шаров из непрерывнолитой заготовки. Объем производства до 12 тыс. т в год.

2. Рассмотреть возможные варианты и выбрать из них наиболее прогрессивный для организации производства роликов для нагруженных роликовых подшипников. Объем производства 2 млн. шт. в год.

4. Выявить наиболее перспективные технологии производства стальных заготовок для изготовления бесшовных труб. Объем производства до 200 тыс. т в год.

5. Выбрать и обосновать рациональность технологии резки непрерывнолитых круглых в сечении заготовок диаметром от 120 до 250 мм на выходе из горизонтальной машины непрерывного литья заготовки (МНЛЗ).

6. Предложить технологический вариант и выбрать современное оборудование для производства алюминиевой фольги толщиной 0,007 мм. Объем производства до 10 тыс. т в год.

7. Сравнить во всех технологических аспектах волочение стальной среднеуглеродистой проволоки на следующих волочильных станах: петлевым; прямоточном; магазинного типа (с накоплением проволоки на барабанах), со скольжением проволоки на барабанах.

7. Предложить наиболее современный технологический вариант и перспективную композиционную структуру проволочного стана для производства стальной высокоуглеродистой катанки с объемом до 350 тыс. т в год.

9. Предложить полную (от разлива металла до сдачи готовой продукции) технологическую схему производства бурильных труб из алюминиевых термоупрочняемых сплавов. Объем производства до 12 тыс. т в год.

10. Предложить рациональную технологию и выбрать оборудование для производства биметаллической сталеалюминовой проволоки диаметром от 3,0 до 2,5 мм (алюминий –

плакирующий слой). Объем производства до 1,5 тыс. т в год.

11. Выбрать наиболее производительный технологический вариант изготовления биметаллической сталемедной проволоки (медь – плакировка) и описать необходимое оборудование для организации производства объемом до 20 тыс. т в год.

12. Предложить технологическую схему (начиная с разливки металла) производства заклепок авиационного назначения из нетермоупрочняемых алюминиевых сплавов. Объем производства до 20 млн. шт. в год.

13. Предложить рациональную технологию производства из непрерывнолитой заготовки колючей проволоки общего применения. Объем производства до 5 тыс. т в год.

14. Выбрать перспективный технологический вариант и назначить оборудование для производства стальных шариков для шарикоподшипников. Объем производства до 2 млн. шт. в год.

15. Предложить технологическую схему изготовления из непрерывнолитых заготовок железнодорожных костылей. Объем производства до 2 млн. шт. в год.

16. Предложить технологический вариант промышленного изготовления многожильных сверхпроводящих кабелей с медной матрицей и ниобий-титановыми жилами. Объем производства до 500 т в год. Диаметр кабелей от 2,5 до 0,8мм.

17. Обосновать выбор наиболее прогрессивной технологии производства в объеме до 10 тыс. т в год буровой стали.

18. Найти наиболее рациональный с точки зрения качества производимых бесшовных труб способ изготовления полой стальной заготовки.

19. Предложить промышленно пригодные варианты утилизации сухой металлургической окалины и технологии выпуска качественной металлопродукции. Годовой объем перерабатываемой окалины до 50 тыс.т.

20. Предложить промышленно приемлемую технологию производства стальной металлопродукции, если исходным оксиджелезосодержащим сырьем является красный шлам глиноземного производства алюминиевых заводов.

21. Проанализировать во всех технологических аспектах промышленное внедрение волочения стальной проволоки в гидродинамическом режиме трения.

22. Описать, проанализировать технологические аспекты и выявить области наиболее эффективного применения волочения проволоки из черных и цветных металлов, совмещенного с непрерывным электроконтактным отжигом.

23. Проанализировать известные технологии производства сварных труб большого диаметра и наиболее рациональный вариант рекомендовать для промышленного использования, например, в условиях Нижнетагильского металлургического комбината.

24. Сопоставить технологии производства сортовой стали на мелкосортных станах, использующие в качестве исходной непрерывнолитую и катаную заготовку.

25. Предложить наиболее прогрессивную технологию изготовления медного контактного провода из катодной меди. Объем производства до 250 тыс. т в год.

26. Сопоставить во всех технологических и экономических аспектах известные и вновь предлагаемые технологии производства коллекторных полос из сплава медь-кадмий из полунепрерывнолитой круглой в сечении заготовки. Объем производства до 60 тыс. т в год.

3. Этапы выполнения курсовой работы

Процесс подготовки и защиты курсовой работы состоит из ряда последовательных этапов:

1. выбора темы работы, постановки цели и задач совместно с руководителем курсовой

работы;

2. подбора и изучения источников информации по теме (патенты, ГОСТы, приложения и т.д.);
3. выполнения работы;
4. проверки работы руководителем;
5. устранения студентом замечаний после проверки;
6. разработки материалов для защиты;
7. защиты работы.

Перечисленные этапы не равнозначны по сложности и количеству затрачиваемого времени.

На защите может быть представлен раздаточный материал, а также компьютерная презентация, выполненная в соответствии с требованиями руководителя.

4. Требования к содержанию и оформлению курсовой работы

Курсовая работа заключается в анализе существующих технологий производства какой-либо продукции и выборе наиболее перспективной из этих технологий. Критериями сравнения могут быть: технологические особенности, качество продукции, производительность, выход годного, энергоэффективность, сложность технологии, стоимость оборудования и т. д.

Пояснительная записка должна содержать как можно более полную информацию о технологии изготовления рассматриваемой продукции, проблемах производства, перспективах и направлениях его совершенствования.

Пояснительная записка может содержать следующие разделы:

1. реферат;
2. содержание;
3. введение;
4. описание существующих технологий;
5. выбор наиболее перспективной технологии;
6. предложение варианта технологии (если есть);
7. заключение;
8. список литературы;
9. приложения (если необходимы).

Реферат

Реферат формулирует постановку проблемы, в нем кратко обозначается главная идея работы, содержание пояснительной записки, описывается существующая графическая часть, указывается количество страниц, таблиц, рисунков, приложений и библиографических наименований в списке литературы. Также в реферате указываются ключевые слова для данной работы.

Содержание

Содержание оформляется в соответствии с требованиями, представленными в пункте «Требования к оформлению курсовой работы». Оно должно отражать все основные главы и подглавы пояснительной записки. В конце содержания должны быть ссылки на список используемой литературы и на приложения, если они имеются.

Введение

Введение пишется с ориентировкой на выбранную продукцию, оно необходимо для более конкретного обозначения проблемы, решаемой в работе, ее особенностей и сложности. Во введении можно кратко описать существующую ситуацию на рынке продукции, на производстве в России и за рубежом. Необходимо рассказать про области применения данной продукции, перспективах ее использования.

Описание существующих технологий

В данной главе проводится описание известных технологических вариантов производства продукции, рассматриваются их особенности, преимущества и недостатки. Если рассматривается стандартное серийное производство, например производство катанки, сварных труб, проволоки определенных размеров и т. д., то необходимо привести соответствующие ГОСТы или ТУ предприятий на продукцию с указанием требований к характеристикам изделия.

Кроме тех технологий, которые реализуются в России, могут существовать зарубежные варианты. Они тоже описываются, анализируются и сравниваются с отечественными. Если требования зарубежных стандартов к качеству продукции различаются с отечественными, то, по возможности, рекомендуется их привести в пояснительной записке.

Кроме того, нужно обратить внимание на оборудование, применяемое в различных технологических вариантах. Для разных технологий возможно применение различных станков, машин, агрегатов. Рекомендуется приводить схемы технологических процессов, рисунки, таблицы и т. п.

Выбор наиболее перспективной технологии

Из всех рассмотренных технологий необходимо выбрать один вариант, который является наиболее перспективным. Главными критериями эффективности обычно является производительность, энергоэффективность, выход годного, качество продукции. По возможности необходимо проанализировать по каким-либо признакам все технологические варианты и выбрать лучший. В главе необходимо привести критерии, по которым был произведен выбор определенного технологического варианта, обосновать свой выбор.

Нужно подробно описать данную технологию, ее преимущества и недостатки, оборудование, можно привести технологическую схему процесса, параметры основных формоизменяющих машин и агрегатов, позволяющих достичь высокого качества продукции, и т.д.

Предложение альтернативного варианта технологии

Если в процессе изучения технологических вариантов возникли предложения по совершенствованию технологии изготовления продукции, то необходимо описать предлагаемый вариант и показать актуальность внесенных изменений.

Вариант технологии может кардинально отличаться от существующих, а может расходиться с каким-либо вариантом на одном или нескольких технологических этапах. Оригинальные технологические предложения описываются достаточно подробно, обосновывается рациональное применение новых приемов и методов и делается заключение о патентоспособности предложений.

Заключение

В заключении необходимо обобщить все проанализированные технологии и сделать соответствующие выводы. Также в заключении обозначается и обосновывается наиболее перспективная технология производства соответствующего изделия, по мнению студента. Кроме этого, рекомендуется сделать краткое техническое заключение о решении конкретных проблем в области техники и технологии изготовления конкретной продукции.

Список литературы и приложения

В списке литературы указываются все литературные источники, используемые при выполнении работы. Это могут быть учебные пособия, справочники, журналы, материалы конференций, патенты. Для интернет-ресурсов необходимо указать адреса сайтов фирм и предприятий, используемых в работе. Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок в тексте.

В приложения следует включать материалы, связанные с выполненной работой, но по каким-либо причинам не вошедшие в основной текст пояснительной записки, например, полные тексты патентов и журнальных статей, содержание которых помогает, по мнению автора, более полно раскрыть особенности тематики курсовой работы.

Требования к оформлению курсовой работы

Пояснительная записка к курсовой работе должна содержать от 20 до 40 страниц основного текста и быть оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32–2017 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

Тексты статей и патентов, способствующие раскрытию тематики и обоснованию рационального выбора перспективной технологии, выносятся в приложения к пояснительной записке. Нумерация страниц во всей записке, включая приложения, сквозная. Нумерация рисунков и таблиц в приложениях своя для каждого приложения.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Прессование

1. Логинов Ю. Н. Технология прессования специальных сплавов в решениях задач: учебное пособие / Ю. Н. Логинов, С. П. Буркин. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2000. – 69с.
2. Некоторые методики расчета технологии прессования: методические указания к лабораторным работам на основе компьютерного оборудования / сост. Ю. Н. Логинов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. – 23 с.
3. Логинов Ю. Н. Решения технологических задач прессования с применением системы анализа процессов пластического деформирования «РАПИД 2Д»: учебно-методическое пособие / Ю. Н. Логинов. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. – 78с.
4. Логинов Ю. Н. Технология прессования и листовой прокатки специальных сплавов в решениях задач: учебное пособие / Ю. Н. Логинов, С. П. Буркин. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2004. – 120 с.
5. Перлин И. Л. Теория прессования металлов / И. Л. Перлин, Л. Х. Райтбарг. – М.: Metallurgy, 1975. – 447с.
6. Ерманок М. З. Прессование труб из алюминиевых сплавов / М. З. Ерманок, Л. С. Каган, М. Ф. Голованов. – М.: Metallurgy, 1976. – 248с.
7. Ерманок М. З. Прессование панелей из алюминиевых сплавов / М. З. Ерманок. – М.: Metallurgy, 1974. – 232 с.
8. Ерманок М. З. Прессование титановых сплавов / М. З. Ерманок, Ю. П. Соболев, А. А.

Гельман. – М.: Металлургия, 1979. – 264 с.

9. Грабарник Л. М. Прессование цветных металлов и сплавов /Л. М. Грабарник, А. А. Нагайцев. – М.: Металлургия, 1983. – 240 с.

10. Буркин С. П. Особенности прессования специальных сплавов: учебное пособие / С. П. Буркин. – Свердловск: УПИ, 1985. – 108 с.

11. Ерманок М. З. Прессование профилей из алюминиевых сплавов / М. З. Ерманок, В. И. Фейгин, Н. А. Сухоруков. – М.: Металлургия, 1977. – 264 с.

12. Горячее прессование труб и профилей / Ю. В. Манегин [и др.]. – М.: Металлургия, 1980. – 272 с.

13. Колпашников А. И. Гидропрессование металлов / А. И. Колпашников, В. А. Вялов. – М.: Металлургия, 1973. – 296 с.

14. Буркин С. П. Технология прессования специальных сплавов: вопросы и задачи / С. П. Буркин, Ю. Н. Логинов. – Свердловск: УПИ, 1991. – 35 с.

15. Логинов Ю. Н. Анализ на ЭВМ параметров прессования /Ю. Н. Логинов, С. П. Буркин. – Екатеринбург: УГТУ, 1994. – 36 с.

Трубное производство

1. Шевакин Ю. В. Производство труб из цветных металлов / Ю. В. Шевакин, А. М. Рытиков, Ф. С. Сейдалиев. – М.: Металлургиздат, 1963. – 356с.

2. Шевакин Ю. В. Повышение эффективности производства труб из цветных металлов / Ю. В. Шевакин, А. М. Рытиков. – М.: Металлургия, 1968. – 356с.

3. Прокатка и прессование труб из тугоплавких металлов/

4. А. П. Коликов [и др.]. – М.: Металлургия, 1979. – 240 с.

5. Шевакин Ю. Ф. Калибровка и усилия при холодной прокатке труб / Ю. Ф. Шевакин. – М.: Металлургия, 1963. – 269с.

6. Станкевич В. А. Холодная прокатка труб / В. А. Станкевич, А. П. Усенко, А. А. Павлов. – М.: Металлургия, 1982. – 256 с.

Прокатка

1. Логинов Ю. Н. Технология листовой прокатки специальных сплавов в решениях задач: учебное пособие / Ю. Н. Логинов, С. П. Буркин. – Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2004. – 55с.

2. Теория прокатки: справочник / А. И. Целиков [и др.]. – М.: Металлургия, 1982. – 335 с.

3. Колпашников А.И. Прокатка листов из легких сплавов/А. И. Колпашников. – М.: Металлургия, 1979. – 264 с.

4. Головин В. А. Листы и ленты из тяжелых цветных металлов /

5. В. А. Головин, Г. Н. Кручер. – М.: Металлургия, 1985. – 384 с.

6. Злотин Л. Б. Производство листов и лент из меди, никеля и их сплавов / Л. Б. Злотин, О. И. Качайник, С. И. Портной. – М.: Металлургия, 1978. – 232 с.

7. Серебренников В. Н. Горячая прокатка тяжелых цветных металлов / В. Н. Серебренников, А. Ф. Мельников. – М.: Металлургия, 1977. – 264 с.

8. Меерович И. М. Прокатка плит и листов из легких сплавов /И. М. Меерович. – М.: Металлургия, 1969. – 252 с.

9. Черняк С. Н. Производство фольги / С. Н. Черняк, В. И. Карасевич. – М.: Металлургия, 1969. – 272 с.

10. Шор Э. Р. Производство листов из алюминиевых сплавов /Э. Р. Шор, А. И. Колпашников. – М.: Металлургия, 1967. – 319 с.

11. Черняк С. Н. Бесслитковая прокатка алюминиевой ленты / С. Н. Черняк, П. А. Коваленко, В. Н. Симонов. – М.: Металлургия, 1976. – 136с.

12. Степанов А. Н. Производство листов из расплава / А. Н. Степанов, Ю. В. Зильберг, А. А. Неустроев. – М.: Металлургия, 1978. – 160с.

13. Крупин А. В. Прокатка металлов в вакууме / А. В. Крупин. – М.: Металлургия, 1974. – 248 с.

14. Прокатка на многовалковых станах / П. П. Полухин [и др.]. – М.: Metallургия, 1981. – 248 с.
15. Логинов Ю. Н. Технология листовой прокатки. Вопросы и задачи / Ю. Н. Логинов, С. П. Буркин. – Свердловск: УПИ, 1990. – 35 с.
16. Смирнов В. К. Деформация и усилия в калибрах простой формы / В. К. Смирнов, В. А. Шилов, К. И. Литвинов. – М.: Metallургия, 1982. – 144 с.
17. Смирнов В. К. Калибровка прокатных валков / В. К. Смирнов, В. А. Шилов, Ю. В. Инатович. – М.: Metallургия, 1987. – 368 с.

Волочение

1. Когос А. М. Механическое оборудование волочильных и ленто- прокатных цехов / А. М. Когос. – М.: Metallургия, 1980. – 312 с.
2. Горловский М. Б. Оборудование и инструмент для волочения стальной проволоки / М. Б. Горловский. – М.: Metallургия, 1960. – 260 с.
3. Красильников Л. А. Волочильщик проволоки / Л. А. Красильников, С. А. Красильников. – М.: Metallургия, 1977. – 240 с.
4. Перлин И. Л. Теория волочения / И. Л. Перлин, М. З. Ерманок. – М.: Metallургия, 1971. – 448 с.
5. Северденко В. П. Основы теории и технологии волочения проволоки из титановых сплавов / В. П. Северденко, В. З. Жилкин. – Минск: Наука и техника, 1970. – 203с.
6. Брабец В. И. Проволока из тяжелых цветных металлов и сплавов / В. И. Брабец. – М.: Metallургия, 1984. – 296 с.
7. Буркин С. П. Особенности волочения специальных сплавов: учебное пособие / С. П. Буркин. – Свердловск: УПИ, 1985. – 108 с.
8. Шапиро В. Я. Бухтовое волочение труб / В. Я. Шапиро, В. И. Уральский. – М.: Metallургия, 1972. – 264с.
9. Берин И. Ш. Производство медной и алюминиевой проволоки / И. Ш. Берин, Н. З. Днестровский. – М.: Metallургия, 1975. – 200 с.
10. Паршин В. С. Холодное волочение труб / В. С. Паршин, А. А. Фотов, В. А. Алешин. – М.: Metallургия, 1979. – 240с.
11. Горловский М. Б. Справочник волочильщика проволоки : справочник / М. Б. Горловский, В. Н. Меркачев. – М.: Metallургия, 1993. – 336 с.
12. Красильников Л. А. Волочильщик проволоки / Л. А. Красильников, А. Г. Лысенко. – М.: Metallургия, 1987. – 320 с.
13. Буркин С. П. Технология волочения специальных сплавов: вопросы и задачи / С. П. Буркин, Ю. Н. Логинов. – Свердловск: УПИ, 1991. – 35 с.

Ковка и штамповка

1. Сторожев М. В. Технологияковки и горячей штамповки цветных металлов и сплавов / М. В. Сторожев, П. И. Середин, С. Б. Кирсанов. – М.: Высшая школа, 1987. – 352 с.
2. Никольский Л. А. Горячая штамповка заготовок из титановых сплавов / Л. А. Никольский. – М.: Машиностроение, 1964. – 228 с.

Образец титульного листа курсовой работы

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Лысьвенский филиал
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Кафедра Технических дисциплин

Факультет: профессионального образования
Направление: 22.03.02 «Металлургия»

КУРСОВАЯ РАБОТА

По дисциплине
«Основы технологических процессов обработки металлов давлением»

На тему: « _____ »

Выполнил
студент группы _____
шифр _____

(ФИО студента)

« ____ » _____ 20__ г.

(подпись студента)

Проверил преподаватель

(ФИО преподавателя)

Оценка _____

(подпись преподавателя)

« ____ » _____ 20__ г.

Лысьва 20__ г.

Образец задания на курсовую работу

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Лысьвенский филиал
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Кафедра Технических дисциплин

Задание на выполнение курсового проекта

по дисциплине «**Основы технологических процессов обработки металлов давлением**»

Студент _____
(Ф.И.О., группа)

Тема: Анализ существующих технологий радиального обжатия стальных заготовок в условиях горячей деформации и выбор наиболее перспективного варианта технологииковки непрерывнолитых заготовок

Тема утверждена распоряжением по кафедре от _____ № _____

Цель работы: Изучение современных технологий интенсивного обжатия непрерывнолитых заготовок в совмещенных процессах литья - прокатки.

Исходные данные: Углеродистая сталь. Заготовки отливаются на горизонтальных МНЛЗ в диапазоне диаметров от 120 до 150 мм. Объем производства до 350 тыс. т в год.

Дата сдачи на проверку «__» _____ 2021

График выполнения проекта

№ п/п	Наименование этапа	объем	дата контроля	
			план	факт
1.	выбор темы работы, постановка цели и задач	5%		
2.	подбор и изучение источников информации по теме	10%		
3.	анализ существующих технологий производства, написание работы	50%		
4.	разработка материалов для защиты	25%		
5.	защита работы	10%		

Руководитель _____
(должность) _____ (ФИО руководителя)

Зав.кафедрой ТД _____ (ФИО)

Задание принял к исполнению _____ / _____ /

Дата выдачи задания _____

Пример оформления пояснительной записки

Введение

В настоящее время мировое производство катанки превышает 70 млн. т в год, что составляет примерно 30 % от общего выпуска проката. Для повышения конкурентоспособности катанки и улучшения ее сбыта производители стремятся удовлетворять в наибольшей степени требования к механическим свойствам и структуре металла, точности размеров, массе мотков и другим показателям качества.

В 1970-е гг. вместо чистовых групп проволочных станов начали применять чистовые блоки клетей и линии двухстадийного охлаждения. Скорость прокатки катанки в последующие 20 лет возросла с 35 до 120 м/с, масса мотков составила от 2,0 до 2,5 т, точность размеров катанки увеличилась до $\pm 0,10-0,15$ мм вместо $\pm 0,5$ мм. Улучшились структура, механические свойства и равномерность их распределения по длине мотков. Расширился марочный сортамент готовой продукции. Организовано массовое производство катанки диаметром 5,5 мм без потери производительности станов. Увеличился объем продукции из высоколегированных и специальных сталей и сплавов, а также из непрерывнолитых заготовок.

Техническое перевооружение проволочных станов потребовало значительных капитальных вложений, особенно при коренной реконструкции, однако благодаря улучшению качественных показателей и освоению новых видов катанки инвестиции полностью окупаются. Как правило, после 10–15 лет эксплуатации станов проводят частичную модернизацию с установкой современного оборудования.

Первооружение в СССР началось в 1979 г., когда на Белорецком металлургическом комбинате (БМК) был введен в эксплуатацию проволочный стан 150 нового типа. Затем был реконструирован стан 250-2 Череповецкого металлургического комбината, построены мини-заводы в Молдавии и Белоруссии с современными мелкосортно - проволочными станами 320/150, введены в эксплуатацию проволочные станы 150 на Макеевском металлургическом заводе, 150 и 250/150 на комбинате «Криворожсталь».

Учеными институтов черной металлургии была усовершенствована проектная технология на ряде проволочных станов. В результате освоено производство высококачественной катанки, в том числе мароксталей, не предусмотренных проектным сортаментом. Кроме того, освоена прокатка из заготовок, нагретых до пониженных температур, что позволило уменьшить потери металла в окалину и расход газа.

Изменена конструкция устройств водного охлаждения катанки, разработаны и реализованы режимы термической обработки на установках двухстадийного охлаждения. В результате улучшены структурные механические свойства катанки из углеродистых и ряда легированных сталей. Это дало возможность упростить технологию дальнейшего передела и сократить затраты в метизном производстве.

Современные требования к качеству стальной катанки и его влияние на качество производимой проволоки

В настоящее время производство катанки занимает примерно 30% от всего объема выпускаемого проката. Это производство обслуживает всю метизную промышленность. В отличие от всех других способов прокатки, катают катанку с максимально возможными скоростями. Скорость на современных станах может превышать 120 м/с.

Исходной заготовкой для производства проволоки является катанка, качество которой во многом определяет дальнейшую способность стали к волочению и в целом качество проволоки.

Постоянно возрастающие требования потребителей к изделиям проволочного производства определяют все более жесткие требования к качеству катанки, точности ее геометрических размеров, массе бунта, количеству окалины, механическим свойствам, наличию сорбитизированной структуры, отсутствию на поверхности сорбита отпуска и обезуглероживания и т.д. Для решения этой многопрофильной задачи необходимо не только создание новой технологии, обеспечивающей коренное улучшение качества катанки различного назначения, но и необходима реконструкция сортового производства и нужен пуск новых сортовых станов. В настоящее время это направление активно реализуется.

Особые требования к катанке всегда определяются технологией последующего волочения. Качество катанки оценивается соответствием ее требуемым геометрическим параметрам (установленные допусками на диаметр и овальность), соответствием химического состава (однородность структуры по всей длине и по сечению), необходимыми механическими характеристиками, а также количеством окалины и ее свойствами, которые бы позволяли легко ее удалять.

Кроме того, катанка должна иметь высокую чистоту поверхности и бездефектное поперечное сечение.

Правильная геометрия катанки имеет большое значение, т.к. дает возможность осуществлять волочение в первых проходах с большими обжатиями. Не должно быть овальности в поперечном сечении, поскольку овальность приводит к проблемам при последующем волочении проволоки.

Геометрия стальной катанки контролируется ГОСТ2590–88 «Прокат стальной горячекатаный круглый».

Для стального горячекатаного проката круглого сечения диаметром от 5 до 8 мм включительно приведены данные по размерам и допускам (табл. П.3.1).

По точности прокат изготовляют: А – высокой точности; Б – повышенной точности; В – обычной точности.

Таблица 1 - Размеры и допуски на катанку стальную

Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²	Масса 1 м профиля, кг
5	0,1963	0,154
5,5	0,2376	0,186
6	0,2827	0,222
6,3	0,3117	0,245
6,5	0,3318	0,260
7	0,3848	0,302
8	0,5027	0,395

Примечание. Предельные отклонения, мм, при точности прокатки А от +0,1 до –0,2; Б от +0,1 до –0,5; В от +0,3 до –0,5.

Катанка должна иметь высокую чистоту поверхности и бездефектное поперечное сечение. Дефекты катанки существенно влияют на качество готовой проволоки. Существуют разные дефекты продукции, некоторые из которых приведены ниже:

- заусенцы и закаты;
- волосовины;
- усадочные раковины;
- рыхлость;
- обезуглероживание;
- овальность;
- дефекты структуры металла.

Заусенцы и закаты являются довольно частым дефектом при производстве катанки. Заусенец (ус) имеет вид выпуклости, тянущейся по длине катанки. Если заусенец появился в подготовительном калибре, то в последующих переходах он закатывается в закат. Катанка с заусенцем или закатом не пригодна для производства проволоки.

Волосовины – вытянувшиеся по направлению прокатки не заварившиеся пузыри – снижают механические свойства металла.

Такие дефекты, как усадочные раковины и рыхлость, ослабляют сечение проволоки, приводят к обрывам при волочении, снижают механические свойства проволоки.

Обезуглероживание происходит при нагреве слитков под прокатку, поверхность обедняется углеродом.

Овальное сечение и отклонение сечения от формы круга приводит к неравномерной деформации заготовки в процессе волочения. Из-за этого на поверхности возникают трещины.

В технических условиях на катанку оговариваются требования к микроструктуре: она не должна иметь следов усадочной раковины, рыхлости, ликвации углерода, не допускаются мартенситные участки. Удовлетворительной структурой в катанке является сорбит, образующийся в результате интенсивного охлаждения после прокатки катанки. Такая структура облегчает условия волочения катанки и удешевляет производство проволоки. Количество дефектов, как по сечению, так и на поверхности зависит от качества металла заготовки (степень ликвации слитка, наличие пор, трещин, включений и т. п.). Особенности технологии волочения определяются структурой катанки, которая, в свою очередь зависит от способа изготовления, в т.ч. от разлива металла, нагрева заготовок, прокатки, способа охлаждения и любой последующей термообработки (т.е. всего металлургического цикла).

Структурное состояние и качество поверхности катанки в значительной степени определяют качество изделий, изготовленных методами последующей холодной деформации (волочение, прокатка, высадка). Структура катанки в значительной степени зависит от условий горячей прокатки, т. е. от температуры в конце прокатки, величины степени обжатия в последнем переходе и, главное, от скорости охлаждения полосы с температуры прокатки.

Температура конца прокатки эвтектоидных и доэвтектоидных сталей должна попадать в область однофазной аустенитной структуры, но быть не очень высокой с тем, чтобы аустенитное зерно не было крупным. Кроме низкой температуры в конце прокатки, измельчению аустенитного зерна способствуют также большие степени обжатия при прокатке и большие скорости прокатки. Для получения мелкозернистой структуры необходимо, чтобы при прокатке величина обжатия в последнем переходе была выше критической величины на 15–20 %. В среднеуглеродистых сталях в результате диффузионного превращения аустенита образуется структура пластинчатого перлита, состоящая из чередующихся пластин феррита и цементита, а также в зависимости от содержания углерода выделяются избыточные фазы

(структурно свободные феррит и цементит). Известно, что наилучшей является структура мелкозернистого перлита (сорбита). Она характеризуется минимальным межпластиночным расстоянием ферритоцементитной смеси (около 0,1 мкм) и, следовательно, малой интенсивностью упрочнения при последующей холодной деформации, что уменьшает число проходов при волочении. Таким образом, изменяя дисперсность ферритоцементитной смеси (межпластиночное расстояние перлита), в среднеуглеродистой стали появляется возможность достижения более высоких пластических и прочностных свойств. Структура сорбита формируется путем быстрого двухстадийного охлаждения металла с температуры прокатки до заданной и выдержки при этой температуре. Технология двухстадийного охлаждения катанки с температуры в конце прокатки существенно улучшает ее механические характеристики, что позволяет протягивать металл с обжатием до 97–98 % без промежуточной термообработки, и одновременно уменьшает потери металла в окалину с 1,0–1,5 до 0,2–0,6%.

Формирование окалины при производстве катанки неизбежно ставит проблему ее удаления. Самым применяемым методом является травление в кислотных ваннах. Удаление окалины перед волочением необходимо для уменьшения трения в канале волок и снижения силы волочения, снижения температуры в очаге деформации и величины остаточных напряжений в проволоке после волочения.

Окалину удаляют химическим способом в водных растворах серной кислоты. Скорость травления в серной кислоте зависит от толщины и свойств окалины. На практике кислоту высокой концентрации не применяют, чтобы избежать сильного разъедания металла и насыщения его водородом, приводящего к возникновению травильной хрупкости. Чтобы избежать травильной хрупкости при травлении, в травильную ванну вводят ингибиторы травления. В ванну также добавляется пенообразователь для предотвращения испарения кислоты в воздух травильного отделения. Травление производится в садочных ваннах. Перед опусканием катанки в ванну бунты освобождают от вязов с тем, чтобы был свободный доступ кислоты к виткам катанки. Время выдержки зависит от концентрации кислоты и наличия толщины, кг/т, окалины на катанке. После травильной ванны катанку промывают водой. Промывка катанки водой обычно производится в садочных ваннах путем окунания бунтов в ванну. Промывка катанки производится с целью удалить с поверхности металла остатки кислоты, окалины, а также сернокислой соли и грязи. Промывку обычно производят в двух ваннах: первую – в горячей воде, вторую – в холодной воде. После промывки металл должен иметь матовый цвет.

Однако трудности травления и низкая экологичность процесса привели к поиску технологии механического удаления окалины. На данный момент существует множество таких технологий:

- разрушение окалины путем знакопеременного изгиба;
- дробеструйная (пескоструйная) обработка;
- иглофрезерование;
- скальпирование;
- шлифование.

Качество удаления окалины значительно влияет на качество получаемой проволоки, а порой даже на методы и технологические приемы последующего волочения. Окалина должно быть мало, она должна быть непрочной, рыхлой, не должен быть нарушен состав поверхности металла под ней. Простота и полнота удаления окалины оказывает немалое влияние на качество и стоимость готовой продукции (катанка, проволока).

Известные технологические варианты производства катанки

Прокатку катанки производят на проволочных прокатных станах в основном из литой обжатой заготовки сечением от 50×50 до 200×200 мм, длиной до 12 м. Размеры применяемой заготовки определяются типом стана и конструкцией его вспомогательных механизмов. На старых металлургических заводах (с небольшим объемом производства) в качестве исходного материала для прокатки катанки применяли слитки небольшой массы.

Стремление повысить производительность за счет увеличения массы бунта сказывается на размерах и массы исходной заготовки.

Применение высоких скоростей позволяет получать профиль большей точности, чем на линейных станах. Дальнейшее увеличение массы заготовок на таких станах может ограничиваться шириной нагревательных печей, количеством рабочих клетей и конструкцией моталок.

Масса бунтов катанки, производимой на линейных станах, составляла всего 50–100 кг, а масса заготовки 60–230 кг. Увеличение массы заготовки на этих станах ограничивается прежде всего понижением точности профиля в связи с увеличением длины раскатов и большими теплотерями, а также длиной петлевых карманов на станах.

Форма и размеры заготовок должны удовлетворять нормам, установленным в соответствующих стандартах. К поверхности заготовки предъявляются высокие требования: на ней не должно быть плен, рванин, закатов, продольных и поперечных трещин, на торцах, следов усадочной рыхлости. Если они есть, их удаляют, обрезая концы. Если дефекты настолько значительны, что их удаление связано с нарушением требуемых размеров и форм заготовок, их бракуют.

Дефекты могут возникнуть при выплавке стали или при прокатке заготовки. Причиной первых являются различные нарушения технологии выплавки и разливки стали: усадочные раковины или рыхлости, трещины на поверхности, плены и газовые пузыри. Остатки усадочной раковины или рыхлости в процессе прокатки вызывают расслоение конца полосы, что приводит к застреванию раската в валках, а, следовательно, и к увеличению брака. От этого дефекта избавляются путем полного удаления усадочной раковины и рыхлости при резке раската на отдельные заготовки.

Во время прокатки заготовки из слитков с трещинами последние удлиняются. Их удаляют вырубкой пневматическими зубилами или огневой зачисткой, если глубина их находится в пределах от 5 до 7 % толщины заготовки. Плены в процессе прокатки вдавливаются, не свариваясь с основной массой металла. С поверхности заготовок их удаляют огневой зачисткой. Заготовки бракуют, если много глубоких трещин. Газовые пузыри в теле слитка при прокатке могут привести к образованию продольных трещин –волосовин.

Причинами дефектов, возникающих при прокатке металла, являются нарушения технологии нагрева и неправильная настройка стана. Длинные и тонкие заготовки должны быть равномерного прямоугольного сечения по длине, чтобы при проталкивании в печи они не вспучивались. Заготовки не должны иметь следов пережога, серповидности и скрученности, значительного уширения и изгиба концов в месте реза, отклонений от размеров, закатов. Удаление дефектов с поверхности заготовки производят вырубкой, наждачной и огневой зачисткой. Вырубку дефектов с поверхности заготовки в холодном состоянии производят пневматическими молотами различной конструкции. Дефекты заготовки можно удалять наждачными точилами. Этот способ используют для зачистки заготовок из высоколегированных сталей (нержавеющие, жаропрочные и т. п.). В последнее время значительное распространение получила огневая зачистка. Зачистку производят резаками, в головках которых сжигается газ (ацетилен, коксовый или природный) в смеси с кислородом. Удаление дефектов с поверхности блюмов производят оплавлением поверхностного

слоя пламенем горелок одновременно с четырех сторон.

Перспективные направления совершенствования технологии и оборудования для производства катанки.

Обоснование выбора наиболее перспективной технологии производства катанки

В мире существует более 450 производителей сортового металла, объединенных в ассоциацию производителей и продавцов проката, регулиующую цены и объемы экспортных поставок на рынки этого вида продукции. Основным условием повышения конкурентоспособности продукции является снижение затрат на ее изготовление при сохранении требуемого на данный момент уровня потребительских свойств продукции. К катанке различного назначения предъявляются требования по ограничению балла зерна, количеству и размерам неметаллических включений, комплексу физико-механических свойств, а также специальные дополнительные требования.

Основными направлениями повышения качества и эффективности производства катанки сварочной, кордовой, бортовой, пружинной для напряженных конструкций, сверхпрочных канатов являются:

- повышение качества исходной стали, улучшение макро- и микроструктуры заготовки;
- совершенствование оборудования и технологии прокатки и последующей термообработки с прокатного нагрева, позволяющей получить заданные физико-механические свойства готовой катанки.
- совершенствование валковой арматуры и повышение ее надежности;
- применение бандажированных валков повышенной стойкости;
- совершенствование устройств ускоренного охлаждения и гидротранспортирования катанки.

Старая технология производства катанки в качестве заготовки использовала литой слиток, обычно имеющий в сечении квадрат со стороной от 200 до 220 мм и длиной до 1200 мм. Этот квадрат сначала прокатывали на станах Трио, а потом уже передавали в непрерывную группу черновых клетей. За непрерывной группой черновых клетей следовали предчистовая и чистовая группы с линейной структурой расположения клетей. Клетки имели небольшую скорость и, следовательно, для того чтобы задний конец полосы был не слишком холодным, слиток подавали с перегревом. Это приводило к росту зерна и снижению механических свойств катанки. Главным же недостатком этих станов было наличие петель между клетями. Металл успевал значительно остыть в петле, и разница температур между передним и задним концом полосы могла находиться в пределах от 100 до 150 °С градусов. Уширение полосы в значительной степени зависит от температуры прокатки. Слишком горячая полоса не полностью заполняет калибр, и катанка получается овальной. Холодный металл уширяется сильнее, переполняет калибр, и на катанке получаются заусенцы. Для повышения производительности прокатку вели в несколько ниток одновременно. Это требовало удлинения бочек валков, что приводило к изгибу валков, снижению жесткости клетки и, следовательно, к снижению точности прокатки (увеличение допусков).

С появлением машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) появилась возможность существенно уменьшить сечение заготовки. Увеличилась скорость кристаллизации металла и снизилась степень ликвации по сечению слитка. А длина заготовки увеличилась до 10–12 м. Поскольку сечение квадрата уменьшилось, обжимную клетку Трио устранили и прокатку начинали сразу в непрерывной черновой группе клетей. Между клетями установили петлевые

устройства для согласования скоростей. Применение большей по массе заготовки (до 2000 кг) увеличило длину катанки, а также изменило всю структуру адьюстажа.

Современные непрерывные станы для производства катанки имеют три непрерывных группы клетей: черновую, предчистовую и чистовую. Чистовая группа представляет собой компактный блок, обычно из десяти клетей с чередованием клетей под 90°С градусов, что устраняет необходимость кантовки. На выходе из чистового блока клетей установлено две линии охлаждения: водяного охлаждения и воздушного (или водовоздушного). Вместе они образуют для среднеуглеродистой катанки агрегат сорбитезации. Чистовой блок и линия охлаждения у современных станов располагаются на техническом этаже (от 5 до 6 м над полом цеха).

Современные тенденции повышения скорости чистовой прокатки и расширения марочного сортамента продукции на сортовых станах вызывают необходимость постоянного наращивания технологических возможностей линий последеформационного охлаждения. На современных станах реализуются новейшие методы и системы водовоздушного охлаждения.

Линия водяного охлаждения представляет собой серию коротких трубок (форсунки), через которые идет катанка. В эти трубки противотоком подается вода. Конструкция форсунки для охлаждения катанки обеспечивает эффективный теплосъем и устойчивое гидротранспортирование проката через секции охлаждения без отключения воды в заправочном режиме (рис. 1).

Отработанная вода сливается и идет на охлаждение. При испарении воды на поверхности полосы образуется «паровая рубашка», которая нарушает режим охлаждения. Распространенной практикой устранения эффекта парового слоя вокруг горячего проката является применение камеры охлаждения с местными сужениями, повторяющимися по всей длине камеры с последовательностями элементов: цилиндрический участок, конфузор, диффузор. Длительная практика эксплуатации таких камер показала, что повышение эффективности охлаждения сопровождается ухудшением условий гидротранспортирования проката, т.е. повышением риска забуривания. Для предотвращения этого используют устройство центрирования проката (рис. 2). На выходе с линии катанку просушивают воздухом. Конструкция устройства центрирования проката обеспечивает жесткое центрирование проката при гидротранспортировании и эффективное удаление парового слоя.

При больших скоростях прокатки полоса может перегреваться за счет быстрого и интенсивного обжатия в клетях. Поэтому станы со скоростью прокатки V больше 80 м/с часто оборудуются дополнительной системой водяного охлаждения между предчистовой и чистовой группами клетей.

На выходе из линии водяного охлаждения стоит виткообразователь (рис. 3). Витки падают на транспортер.

Транспортер выполнен из сетки, под которой расположены вентиляторы. На вентиляторы идет эжекторная подача воды. Такой воздушный обдув снизу применяется в системе охлаждения фирмы «Стилмор» (рис. 1).

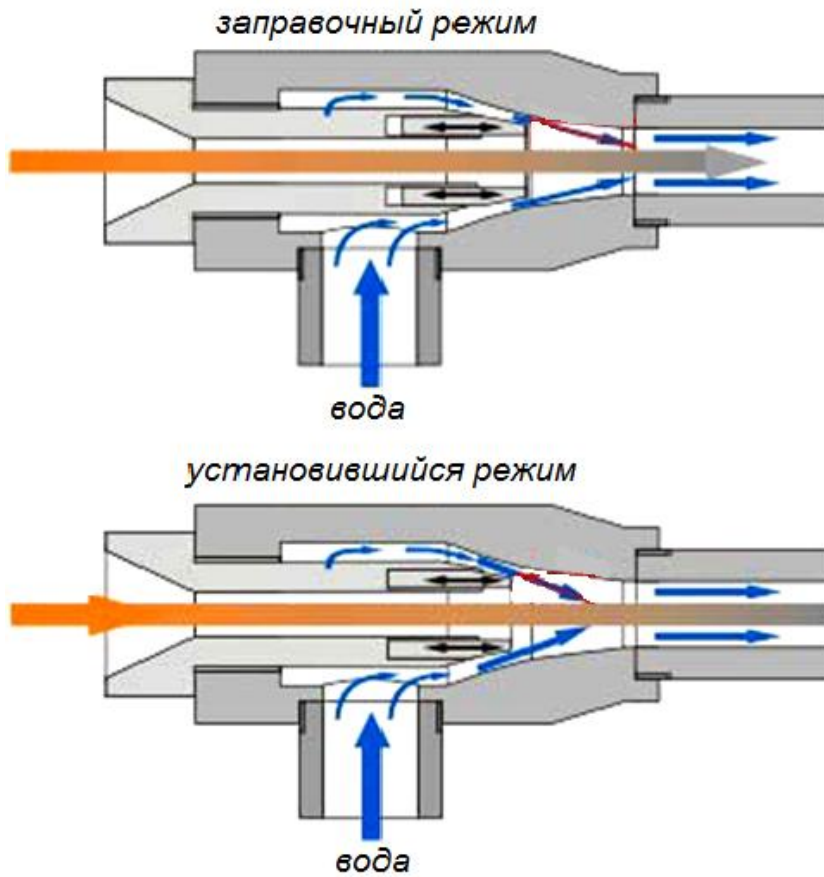


Рисунок 1. - Конструкция форсунки для охлаждения катанки

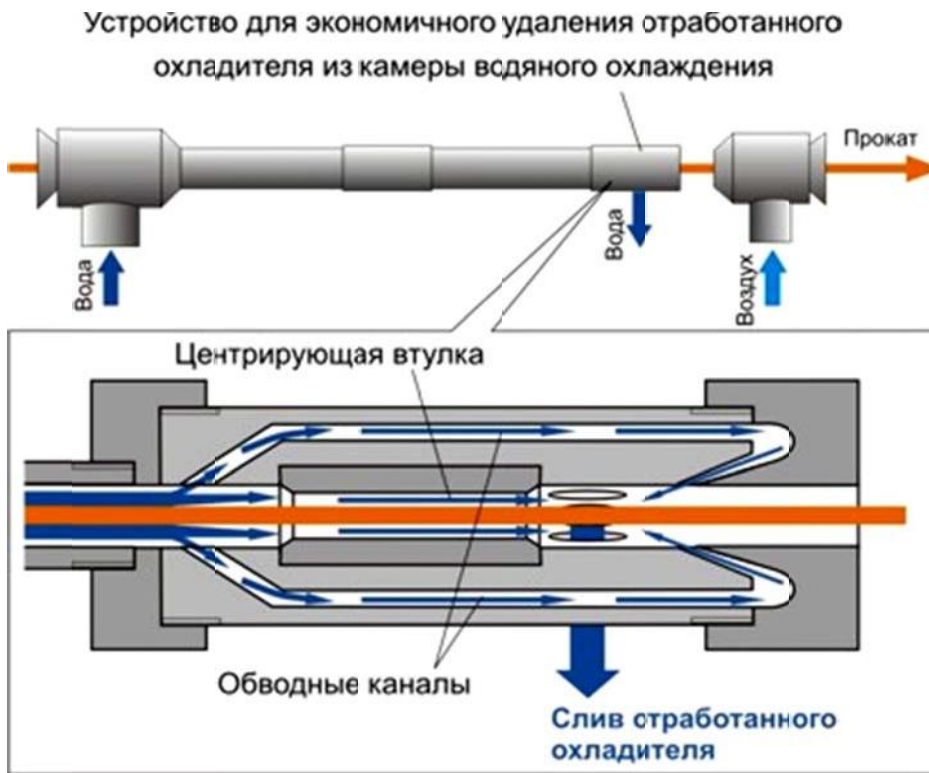


Рисунок 2. - Конструкция устройства центрирования проката



Рисунок 3. - Виткообразователь

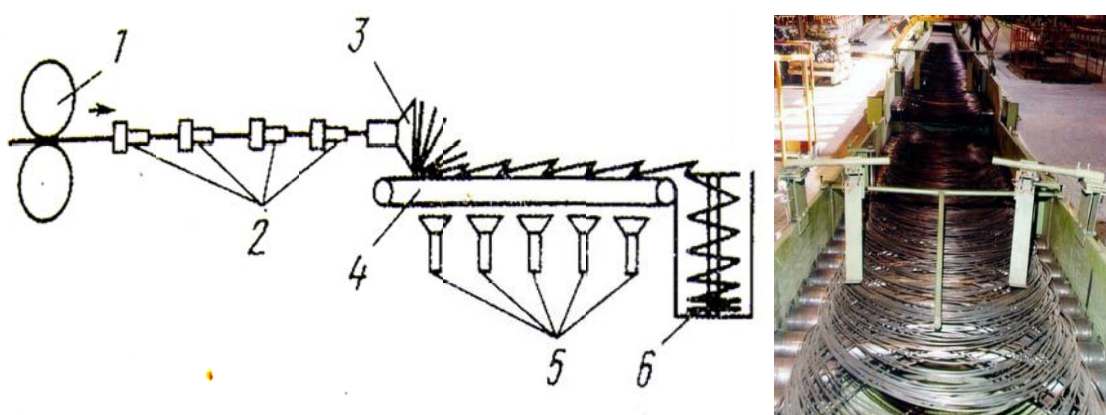


Рисунок 4. - Система охлаждения фирмы «Стилмор»:

1 – последняя клеть стана; 2 – водяные охлаждающие форсунки; 3 – виткообразователь;
4 – транспортер воздушного охлаждения; 5 – вентиляторы; 6 – виткосборник.

Данная система получила наиболее широкое распространение из-за своей простоты. Скорость транспортировки, а также интенсивность обдувки можно регулировать.

Недостатком такой системы является неравномерность охлаждения витков катанки. В зоне перекрывания витков скорость охлаждения ниже и вместо сорбита образуется перлит. В итоге катанка получается «пятнистая» и дальнейшее ее волочение очень проблематично.

Такой проблемы не возникает при использовании системы охлаждения фирмы «СМС Демаг» (рис. 5).

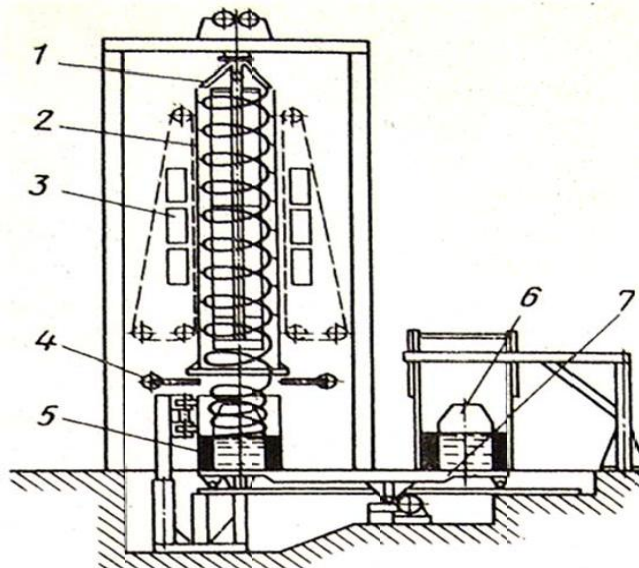


Рисунок 5. - Система охлаждения фирмы «СМС Демаг»: 1 – моталка; 2 – приемный транспортер; 3 – вентиляционные камеры; 4 –отсечное устройство; 5 – бунт; 6 – оправка; 7 – поворотный стол

Виткообразователь стоит вертикально над шахтой. Витки опускаются вниз по вертикальному каналу. При этом катанку обдувают с четырех сторон, что обеспечивает равномерное охлаждение. Витки ложатся на палету и собираются в бунты.

Японцы предложили и разработали свою систему водовоздушного охлаждения (рис. 6).

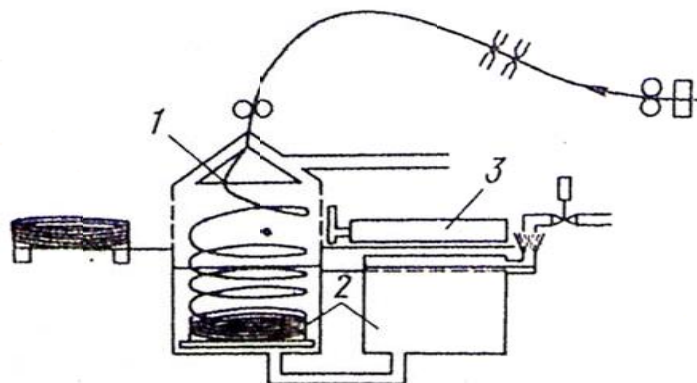


Рисунок 6. - Система охлаждения фирмы «ЕДС» (Япония):
1 – моталка; 2 – система охлаждения витков бунта горячей водой;
3 – устройство для передачи бунта на транспортер

По системе ЕДС каждый виток катанки отдельно охлаждают в горячей воде. Здесь используется тот факт, что погруженный в горячую воду виток обволакивается паровой рубашкой, которая в данном случае играет роль термоизолятора и снижает скорость охлаждения металла. Превращения в стали происходят в стадии пленочного кипения. Таким способом удается получить более равномерное охлаждение витков и большую структурную равномерность по длине катанки.

Однако, в связи со сложностями, возникающими при транспортировке витков в системах «Шлеман» и «СМС Демаг», и малой производительности установок системы ЕДС большого распространения эти способы не получили.

Особые условия окалинообразования возникают при термомеханической обработке (ТМО) катанки в потоке высокоскоростных проволочных станов.

Поверхность катанки, выходящей из высокоскоростного чистового блока, может сохранять следы всей предшествующей обработки. Изменения шероховатости прокатных валков, особенно чистовых, могут оказывать влияние на количество окалины (наибольшее в первый период окисления), ее структуру, напряжение в слоях окалины. После прокатки можно обнаружить участки вкатанной в поверхность металла окалины. Если они немногочисленны и невелики, состав поверхности раздела несложен. Влияние таких дефектов на адгезию оксидов к металлооснове незначительно. Однако если металл впоследствии подвергается холодной или горячей обработке, эти дефекты могут отслаиваться, создавая неоднородную поверхность с определенной шероховатостью.

Окисление поверхности металла может происходить в условиях длительного пребывания металла в контакте с охладителем или при чередующихся процессах охлаждения водой и выдержки на воздухе. При этом идеальное строение окалины может нарушаться, наблюдаются случаи увеличения числа слоев или беспорядочного их перемешивания.

В атмосфере водяного пара образующаяся окалина содержит меньше вюстита и больше магнетита. Дальнейшее снижение температуры подавляет преобразование вюстита в другие оксидные фазы.

Свойства окалины на поверхности катанки являются важнейшими показателями ее качества. Полнота удаления окалины при подготовке катанки к волочению во многом определяет эффективность дальнейшей ее переработки.

Основное технологическое требование к качеству поверхности катанки – получение воздушной окалины стального цвета, не отслаивающейся от поверхности металлоосновы при формировании мотков и способной к легкому и полному удалению как механическим, так и химическим способом.

Количественные требования к составу и свойствам окалины, ее способности к удалению перед волочением наиболее жестко предъявляются метизными заводами: сухая поверхность катанки, без участков ржавления, легко удаляемые оксиды с остаточной величиной менее 0,3 кг/т и общим содержанием окалины от 4,0 до 7,0 кг/т.

Способность оксидов к удалению механическим способом определяется путем растяжения образца от 5 до 7 %. Указанные степени деформации (растяжения) аналогичны деформациям, возникающим при знакопеременных нагрузках в катанке при окалиноломании. Оценка способности к удалению оксидов определяется по степени удаления и количеству остаточных оксидов после растяжения.

Фирмой «Стилмор» проведены исследования по влиянию термомеханической обработки в потоке высокоскоростного проволочного стана на окалинообразование в среднеуглеродистой катанке (рис.7).

Катанка диаметром 5,5 и 6,5 мм из среднеуглеродистой стали подвергалась различным режимам регулируемого двухстадийного охлаждения с использованием технологической линии Стилмор. Ускоренное охлаждение водой осуществлялось до значений температур от 750 до 1000 °С, дальнейшее охлаждение витков на транспортере со скоростями от 7 до 25 °С/с.

Установлено, что количество окалины уменьшается при снижении температуры конца водяного охлаждения и повышении скорости воздушного охлаждения. Долевой фазовый состав окалины при всех режимах был практически одинаков: вюстита до 90 %, магнетита от 9 до 7 % и гематита от 1 до 3 %.

Увеличение скорости воздушного охлаждения витков катанки на роликовом транспортере более 20 °С/с обеспечивает быстрое прохождение нежелательного температурного интервала фазового превращения FeO в Fe₃O (от 570 до 400 °С), что позволяет получить окалину, легко и полностью удаляющуюся с поверхности катанки механическим и химическим способом.

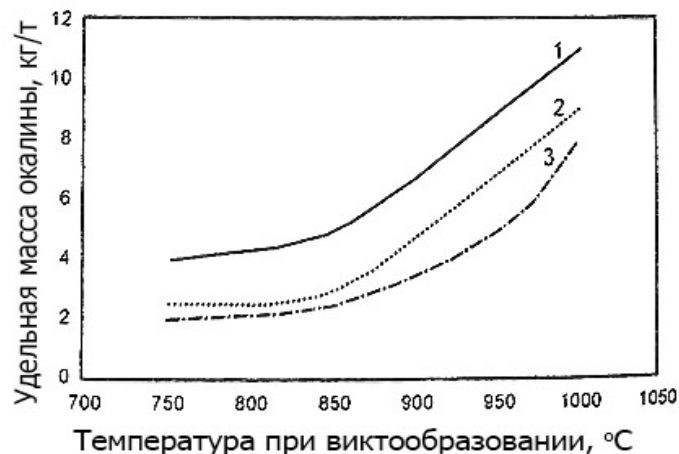


Рисунок 7. -Зависимость количества окислов на поверхности среднеуглеродистой катанки диаметром 5,5 мм от температуры виткообразования и скорости последующего охлаждения:
 1 – 7,0°С/с; 2 – 15,0°С/с; 3 – 25,0°С/с

Одним из путей удешевления катанки является применение современных способов литья и деформации. Одной из альтернативных технологий является способ непрерывного вытягивания из расплава и кристаллизации этого расплава на установке непрерывного вытягивания из расплава. Такая катанка не проходит передел горячей сортовой прокатки, а сразу поступает в волочильное производство. Изменение технологии получения катанки сказывается на свойствах получаемой продукции. Металлографические испытания показали, что металл катанки в литом состоянии имеет явно выраженную столбчатую структуру со стыковкой кристаллитов по оси заготовки, однако в центральной части сечения имеется небольшая по протяженности зона равноосных зерен, а поверхностный слой состоит из мелких равноосных зерен. Неравноосная структура основной части заготовки обеспечивает анизотропию свойств (в том числе и сопротивление деформации) в разных направлениях, а неоднородность размеров зерен приводит к неоднородности свойств металла по сечению катанки. Таким образом, катанка, полученная методом непрерывного литья, анизотропна и имеет неоднородные свойства по сечению. Поверхностные слои обладают более высокими прочностными свойствами, чем центральные.

Для производства проволоки мягких сплавов наиболее эффективны литейно-прокатные станы (рис. 8), в которых осуществляется непрерывный процесс получения катанки из жидкого металла. Сначала происходит кристаллизация бесконечного слитка между ободом вращающегося колеса и обтягивающей его стальной лентой, а затем прокатка его на непрерывном стане.

В Институте черной металлургии им. З. И. Некрасова Национальной АН Украины разработана схема расположения и состав оборудования проволочного стана новой формации для прокатки катанки со скоростью от 100 до 150 м/с. Стан предназначен для прокатки катанки расширенного размерного и марочного сортамента – катанки и проката круглого сечения диаметром от 4,5 до 22 мм с точностью до 0,05 мм из углеродистых и высоколегированных, в т.ч. труднодеформируемых марок сталей и сплавов. На стане могут быть реализованы режимы контролируемой, нормализующей прокатки и термомеханической обработки. Температура конца прокатки может регулироваться в пределах от 750 до 1050 °C.

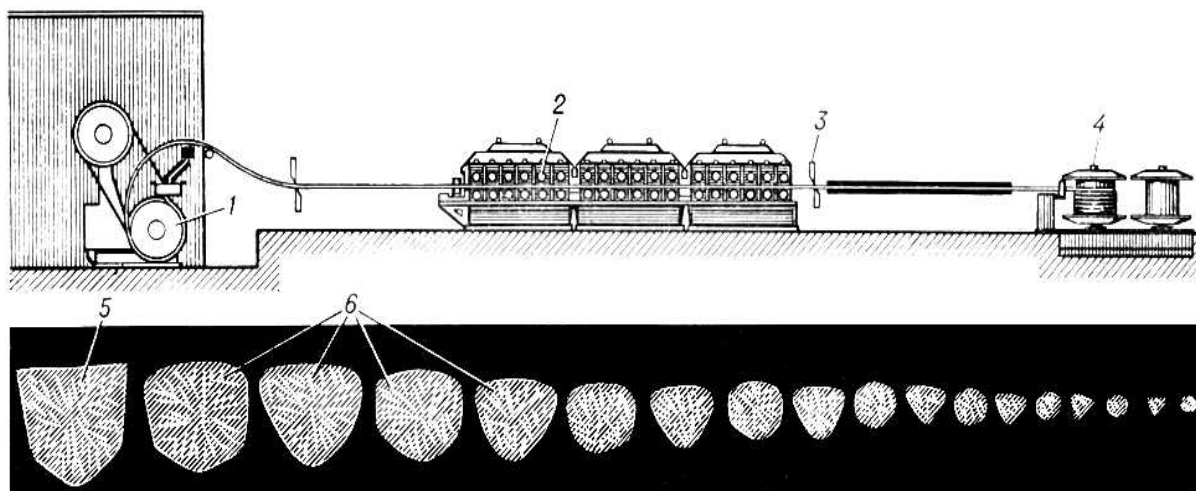


Рисунок 8. - Литейно-прокатный агрегат для производства алюминиевой катанки:
 1 – роторный кристаллизатор; 2 – непрерывный стан с трехвалковыми рабочими клетями;
 3 – летучие ножницы; 4 – моталка или виткоукладчик; 5 – сечение бесконечного слитка;
 6 – сечения катанки после первой и последующих клетей стана

Стан включает в себя черновую и две промежуточные группы клетей, чистовую линию в составе двух четырехклетевых мини-блоков и редукционно-калибрующего блока. Перед чистовой группой, между мини-блоками и после второго мини-блока, установлены линии водяного охлаждения и выравнивания температуры по сечению раската, длины которых пропорциональны максимальной паспортной скорости прокатки на стане, что позволяет поддерживать постоянной температуру прокатки вдоль линии стана и регулировать температуру конца прокатки в пределах от 750 до 1050 °С при максимальном градиенте температуры по сечению 60 °С. Это способствует улучшению структуры и механических свойств готовой продукции. Между черновой группой и печью с шагающими балками может быть установлена машина повышенного обжатия для редуцирования круглых заготовок, полученных на МНЛЗ. Сечение заготовок – квадрат 150×150 мм и круг диаметром 160 мм. Схема расположения и состав основного технологического оборудования стана показаны на рис. 9.

Стан однониточный, годовое производство 600 тыс.т. из заготовки длиной до 10,5 м, масса мотка до 2,2 т. Максимальная паспортная скорость прокатки 150 м/с.

По сравнению со станами, построенными в последние два года ведущей немецкой фирмой «СМС Демаг», установленными в Китае и Бразилии, разработанная схема занимает меньшую площадь за счет применения двух мини-блоков, сокращения длины свободного участка перед редукционно-калибрующими блоками и отсутствия петель, а также имеет меньшую массу установленного оборудования. При прокатке непрерывно-литых заготовок может быть использована машина повышенного обжатия, что упрощает обслуживание стана, и экономически более выгодно по сравнению с использованием непрерывной группы клетей.

Аналитические исследования, проведенные с помощью температурно-деформационной математической модели процесса, и экспериментальная проверка результатов, выполненная в условиях промышленного стана, позволили установить следующие основные положения высокоскоростной прокатки катанки широкого марочного сортамента на современных непрерывных станах.

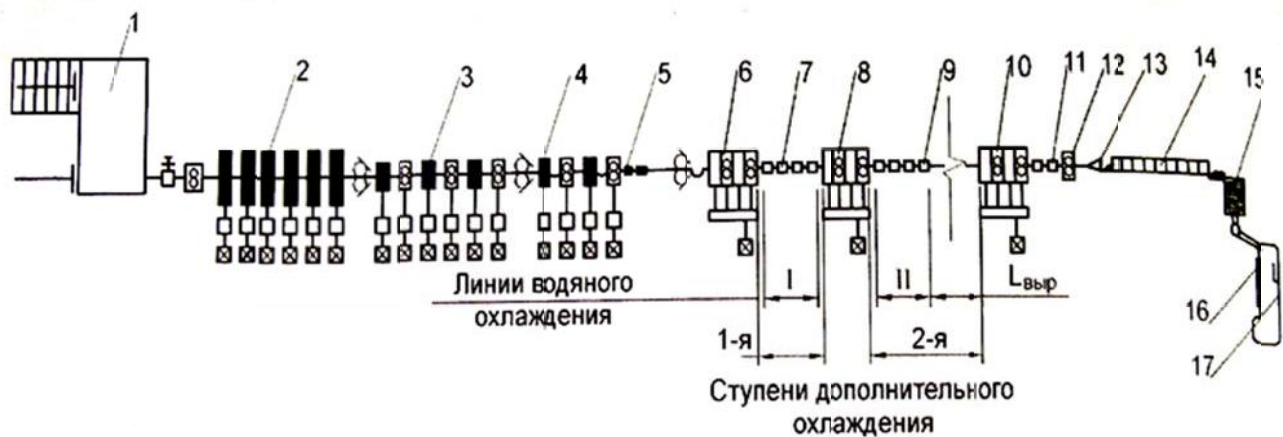


Рисунок 9. - Схема расположения основного технологического оборудования высокоскоростного проволочного стана нового поколения для прокатки катанки широкого размерного и марочного сортамента:

1 – печь с шагающим подом; 2 – черновая группа клетей; 3 – первая промежуточная группа клетей; 4 – вторая промежуточная группа клетей; 5 – секция предварительного водяного охлаждения раската; 6 – первый мини-блок; 7 – первая линия дополнительного водяного охлаждения раската; 8 – второй мини-блок; 9 – вторая линия дополнительного водяного охлаждения раската; 10 – редуционно-калибрующий мини-блок; 11 – линия окончательного водяного охлаждения катанки; 12 – трайб-аппарат; 13 – виткообразователь; 14 – транспортер с крышками для воздушного охлаждения катанки; 15 – виткосборник; 16 – пресс и инспекторский стеллаж; 17 – крюковой конвейер

Понижение температуры нагрева заготовок снижает температуру конца прокатки, однако первоначальная разность значений температуры на входе в стан вследствие большого количества клетей и больших обжатий уменьшается по длине стана за счет большего разогрева раската в процессе деформации менее нагретых заготовок, и разность температур конца прокатки в несколько раз меньше.

Экспериментальные исследования на стане 150 Белорецкого металлургического комбината, выполненные при прокатке канатных сталей 50–85 при различном теплосодержании заготовок, соответствующем температурам начала прокатки 1080 и 930 °С., показали, что первоначальная разность температур, равная 150 °С., на выходе катанки из стана снижается до 20 °С.

Расчеты и опытные данные показали, что уменьшение теплосодержания исходных заготовок большого сечения не может являться основным средством понижения температуры конца прокатки до 750 °С., необходимой для осуществления нормализующей прокатки и термомеханической обработки с прокатного нагрева.

Увеличение скорости прокатки уменьшает влияние энтальпии исходных заготовок на разность температур конца прокатки.

Температурный градиент по сечению раската сначала возрастает по ходу прокатки, затем уменьшается за счет увеличения теплового потока от контактных сил трения. Чем выше теплосодержание исходных заготовок, тем больше температурный градиент по сечению раската.

Среднеинтегральная температура по сечению, температура центра раската и их изменение вдоль линии стана зависят от теплосодержания исходных заготовок. Чем ниже температура нагрева заготовок, тем раньше по ходу прокатки начинают возрастать среднемаховая температура раската и температура центра сечения раската, наибольшее увеличение температуры происходит в чистовом блоке.

Повышение сопротивления металла деформации увеличивает разогрев за счет тепла деформации. Так, при конечной скорости 150 м/с раскат из быстрорежущей стали P18

разогревается до 1300°C, что может вызвать размягчение даже первичной эвтектики. Поэтому при прокатке сложнолегированных и труднодеформируемых сталей и сплавов требуются специальные средства для управления температурным режимом прокатки.

Распределение температуры по сечению раската на входе в блок зависит от скорости прокатки и расстояния от последней секции охлаждения до блока. Чем больше скорость прокатки и меньше длина свободного участка перед блоком, тем больше температурный градиент по сечению на входе в блок.

Предварительное охлаждение раската перед чистовым блоком уменьшает температуру конца прокатки, однако первоначальная разность интегральных температур на входе в блок уменьшается. Это объясняется большим выделением тепла при деформации менее нагретого металла. Поэтому нижний предел температуры конца прокатки, равный 750 °С, невозможно обеспечить понижением температуры металла перед десятиклетевым блоком. Рекомендуемая температура металла на входе в блок для углеродистых сталей составляет от 750 до 800 °С., а для сложнолегированных сталей определяется структурой и пределом пластичности металла. Расстояние от секции охлаждения до блока должно обеспечить выравнивание температуры по сечению во избежание разрывов подстуженной поверхности раската.

Различные марки и классы легированных сталей и сплавов при прокатке имеют разную склонность к уширению, что при повышенном уширении может приводить к образованию закатов. На современных станах прокатка катанки расширенного марочного сортамента (углеродистые и высоколегированные) стали производится на одной калибровке валков в чистовых и предчистовых блоках клетей, имеющих общий привод. В этом случае повышенное уширение при прокатке компенсируется увеличением натяжения между клетями блоков. Увеличение растягивающих напряжений ухудшает схему напряженного состояния и снижает пластичность, особенно при деформации сплавов с пониженной пластичностью, что может привести к нарушению сплошности сплава. Поэтому на станах, имеющих в сортаменте и углеродистые, и сложнолегированные стали, необходимо иметь чистовые блоки с уточненными передаточными числами от электропривода к валкам клетей, чтобы исключить появление больших растягивающих напряжений при прокатке различных марок сталей, а также обеспечить стабильность процесса прокатки за счет исключения появления усилий подпора.

Чем ниже температура прокатки, тем ниже пластичность легированных сплавов. При температуре ниже 950 °С возрастают препятствия скольжению за счет ограничения или затормаживания межзеренной деформации.

Повышение температуры раската из-за деформационного разогрева при прокатке в черновой и промежуточных группах стана устраняется за счет охлаждения его перед чистовой группой клетей. Вместо десятиклетевых блоков применяется несколько мини-блоков, состоящих из 3–4 клетей с линиями дополнительного водяного охлаждения раската.

Характеристики современных станов:

- скорость прокатки до 120м/с;
- коэффициент загрузки стана до 90 % и выше;
- выход годного металла больше 96%;
- работа с узкими допусками и редкое образование поверхностных царапин для достижения наилучших цен на рынке;
- система регулирования температуры на всем прокатном стане для достижения воспроизводимых и равномерных характеристик материала;
- прокатка в узких диапазонах температуры для соблюдения особых требований к материалу;

- низкотемпературная прокатка;
- контролируемое охлаждение для термообработки в непрерывном потоке или для предварительного выбора характеристик материала;
- низкие расходы на содержание персонала благодаря высокой степени автоматизации;
- обширный выбор программ для прокатного процесса и для последующей термообработки катанки.

Таким образом, на основании накопленного опыта, освоения, эксплуатации и исследования работы проволочных станов СНГ различных поколений, а также изучения тенденций развития технологии и оборудования этих станов за рубежом, разработана перспективная технологическая схема высокоскоростной прокатки катанки на примере проволочного стана новой формации для прокатки катанки и сортового проката расширенного размерного и марочного сортамента.

Привод MEERdrive – революция в производстве катанки. Одной из компаний, занимающих первое место в мире по развитию новых высоких технологий в области металлургии, является немецкая компания SMS Meer.

MEERdrive – новая разработка SMS Meer, являющаяся новым мировым стандартом при производстве катанки.

Основная идея комплекса MEERdrive – заменить групповой привод проволочного блока, который имеет сравнительно высокий расход энергии и конфигурацию редукторов, требующую интенсивного техобслуживания, на индивидуальные приводы для каждой клетки.

Применение индивидуальных переменных настроек скорости вращения клеток позволяет использовать прокатные кольца различных и не зависящих друг от друга диаметров. В результате этого удается почти на 60 % сократить требуемое количество валковых пар для годового производства. Другими словами, концепция приводов MEERdrive значительно снижает инвестиционные и производственные расходы и дает заказчикам большие возможности при оптимальной эксплуатации прокатной линии.