

**ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ТОЛСТЫХ ЛИСТОВ И ПЛИТ С ПОВЫШЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ К МЕХАНИЧЕСКИМ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ СВОЙСТВАМ.**

Солякова Анна Алексеевна<sup>(1)</sup>, Лубнин Иван Игоревич<sup>(2)</sup>

Студентка 5 курса<sup>(1)</sup>, студент 5 курса<sup>(2)</sup>

кафедра «Оборудование и технологии прокатки»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: П.Ю. Жихарев

старший научный сотрудник ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина»

Освоение арктического шельфа, северных и сейсмически активных регионов добычи углеводородов требует создания высоконадежных материалов для арктических конструкций морского шельфа (оффшорных платформ и труб) – хорошо свариваемых сталей повышенной прочности, хладостойкости с высоким сопротивлением хрупким и вязким разрушениям.

Пути получения уникального сочетания прочности, пластичности, вязкости, хладостойкости и трещиностойкости в сталях, предназначенных для производства газонефтепроводных труб для северных магистралей, были всесторонне изучены. На этой базе в ЦНИИЧермет им. И.П.Бардина разработаны составы сталей и современные технологии выплавки, внепечной обработки, непрерывной разливки и термомеханической прокатки, позволившие производить трубный металл отличного качества категорий прочности до K65 (X80) в толщинах до 27 мм.

На рисунке 1 показаны основные существующие и перспективные свойства листового проката для труб магистральных газо- и нефтепроводов.

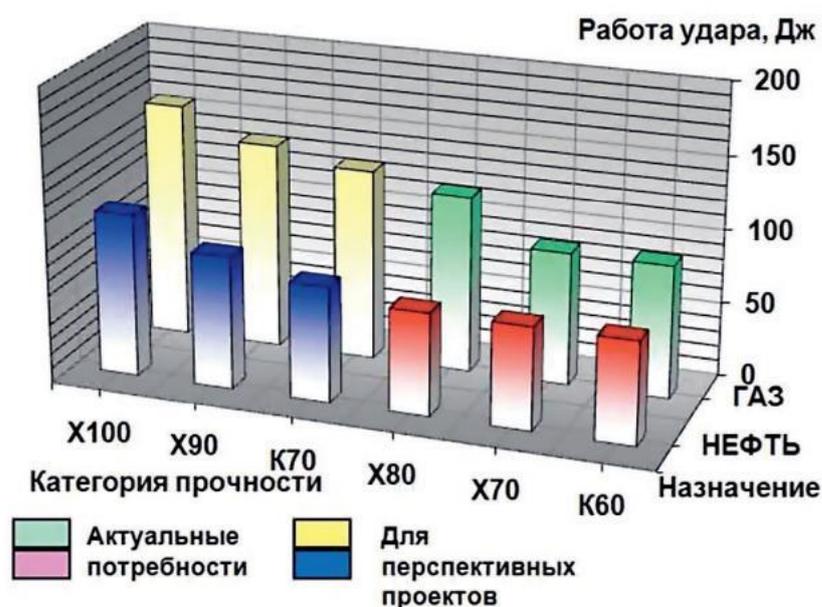


Рис.1 – Основные механические характеристики металла для магистральных трубопроводов [1]

Чем выше прочность, тем труднее обеспечить низкотемпературную вязкость и сопротивление разрушению, поэтому единственным механизмом, позволяющим двигаться в данном направлении, является дальнейшее диспергирование микроструктуры. При этом основное измельчение структуры до получения целевого состояния дисперсности осуществляется на стадии термомеханической прокатки и, как показывают последние исследования ЦНИИчермет, очень важную роль в получении окончательной дисперсной структуры (игольчатого феррита, феррито-бейнитной, феррито-бейнитной-мартенситной и др.) играет структура рекристаллизованного и деформированного аустенита, дефекты которой наследуются и новой фазой в процессе  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращения. Но еще сложнее получить высокопрочное и одновременно высоковязкое состояние в прокате больших толщин и одной из причин этого является недостаточная степень деформации.

На рисунке 2 показано влияние толщины проката на прочностные свойства (размер исходного сляба одинаков) переходную температуру хрупкости  $T_{90}$  по испытаниям ИПГ (испытания падающим грузом). Видно, что помимо снижения прочности, увеличение толщины проката приводит к существенному ухудшению хладостойкости.

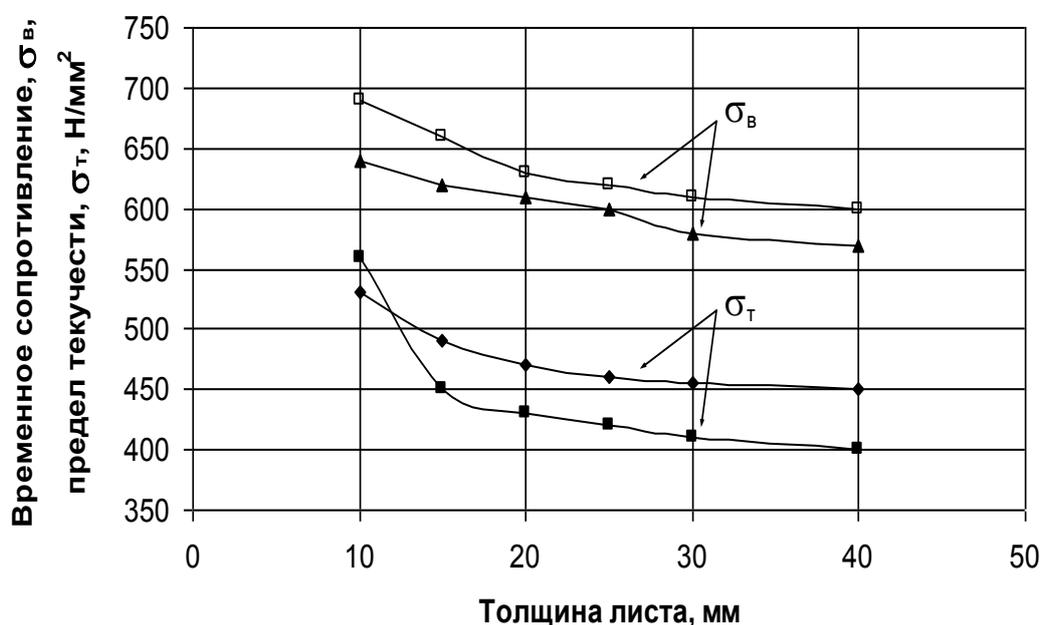


Рис. 2 – Влияние толщины листа на прочность проката

Уровень свойств материала определяется типом и параметрами структуры, которая формируется в результате процесса термопластического воздействия. Результатом последовательного диспергирования структуры является обеспечение уникальных свойств в малолегированной конструкционной стали.

Таким образом, проблема получения качественного толстолистового проката высокой (30-40мм) и сверхвысокой (100-200 мм) толщины диктует особый подход к процессу производства стали. Основным инструментом для получения требуемого структурного состояния в прокате больших толщин является интенсивная пластическая деформация металла на всех этапах деформационно-термической обработки. Это может быть проиллюстрировано следующими примерами.

Если ранее при производстве проката для труб толщиной до 22 мм считалась достаточной толщина сляба 250 мм, то при производстве проката толщиной до 40 мм для труб подводных газопроводов не всегда достаточной является толщина сляба 300 мм, поскольку для получения целевого структурного состояния проката, обеспечивающего

необходимую трещиностойкость, перед чистовой прокаткой необходимо иметь 4-6 кратный подкат по отношению к толщине готового листа. При этом также нужно учитывать необходимость измельчения зерна аустенита в области рекристаллизации при черновой прокатке. Таким образом, отношение толщины непрерывнолитого сляба к толщине листа для труб магистральных трубопроводов с повышенным уровнем требований стремиться к 9-10.

Еще сложнее обстоит дело с производством особо толстолистого проката (плит) для обустройства морского шельфа. При имеющемся слябе 300 мм и толщине готового проката 100-150мм это отношение составит 2-3, что явно недостаточно для производства качественных плит.

Обеспечение требуемой кратности деформации при горячей прокатке толстых листов и плит ответственного назначения может быть достигнуто применением заготовок большей толщины (от 350 до 450 мм). В таблице 1 приведены результаты расчетов толщины сляба в зависимости от толщины листа, необходимой для обеспечения достаточной суммарной степени деформации в черновой и чистовой стадиях прокатки (ТМО) и надёжного обеспечения всего комплекса свойств штрипсов.

Таблица 1 – Рекомендуемое соотношение между толщиной сляба, толщиной подката и толщиной готового листа

Толщина листа, мм	Толщина металла перед чистовой стадией прокатки, мм	Минимально необходимая толщина сляба, мм
30	150	300
32	160	320
34	170	340
36	180	360
38	190	380
40	200	400
42	210	420

В то же время можно отметить, что повышение толщины непрерывнолитой заготовки позволяет существенно улучшить технико-экономические показатели текущего производства освоенной продукции.

К основным факторам улучшения указанных показателей следует отнести:

- повышение кратности раскатов (слябы большей толщины позволяют получить большее количество кратных листов в раскате), что существенно повышает часовую производительность стана;
- снижение расходных коэффициентов за счет уменьшения технологической обрезки.

Отсутствие в России производства толстых слябов в условиях необходимости решать стратегические задачи приведет к зависимости российских производителей от поставок по импорту, что резко снизит конкурентную способность отечественной промышленности.

В настоящее время в России есть мощные прокатные станы 5000, оснащенные установками ускоренного последеформационного охлаждения, необходимые для производства толстолистого проката для труб, эксплуатируемых в экстремальных условиях, однако нет ни одной МНЛЗ для производства слябов с толщиной свыше 355 мм. Согласно таблице 2 слябы с толщиной 300-355 мм производятся на следующих предприятиях: ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат», Череповецкий металлургический

комбинат ОАО «Северсталь», ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат». Обобщенные сведения об этих производствах приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Максимальная толщина проката, которую можно произвести из слябов имеющих толщин

Производитель слябов	Толщина слябов, мм	Максимально возможная толщина, мм	
		Штрипсов	Плит
ОАО «Северсталь»	315	32	80(60)
ОАО «ММК»	300	30	80(60)
ОАО «НЛМК»	355	34,5	90(70)
ОАО «НТМК»	300	30	80(60)
Предлагаемый размер	400	40	100(80)

Таблица 3 – Машины непрерывного литья заготовок для производства толстых слябов

Предприятие	№ МНЛЗ, цех	Тип МНЛЗ	Максимальная толщина слитка, мм	Изготовитель оборудования
ОАО «ММК»	МНЛЗ №6, ККЦ	Криволинейная с вертикальным участком, одноручьева	300	SMS Demag
ОАО «НТМК»	МНЛЗ №4, ККЦ	Криволинейная с вертикальным участком, одноручьева	300	VAI-Siemens
ОАО «Северсталь»	МНЛЗ №2, ККЦ	Криволинейная с вертикальным участком, двухручьева	315	ОАО «Уралмаш»
ОАО «НЛМК»	МНЛЗ №8, ККЦ 2	Криволинейная с вертикальным участком, двухручьева	355	VAI-Siemens

**Выводы:**

1) Для обеспечения механических и эксплуатационных свойств металла для перспективных проектов необходимо дальнейшее диспергирование микроструктуры.

2) Исследованиями доказано, что получение структуры, обеспечивающей уникальные свойства, возможно при достаточно интенсивной пластической деформации, что требует отношения толщины конечного проката к толщине заготовки от 4 до 10 (в зависимости от назначения).

3) Указанное отношение при производстве толстолистовой продукции может быть достигнуто при использовании заготовок с толщиной 400 мм и выше. В РФ имеются мощные прокатные станы 5000, способные обрабатывать такую заготовку, но нет ни одной МНЛЗ, способной её отлить.

**Литература**

1. Горынин И.В., Малышевский В.А., Хлусова Е.И. Наноструктурированные конструкционные стали – прорывное направление металлопотребляющих отраслей промышленности // Журнал «Нанотехнологии, экология, производство», №2 (4), май 2010, С. 103-107.
2. EN10225:2008 Weldable structural steels for fixed offshore structures – Technical delivery conditions