

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ПРОКАТКИ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК НА ЭНЕРГОСИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА

Магера Моника, Кавалек Анна, Дья Хенрик, Кочуркевич Бартош,
Кнапиньский Марчин

Ченстоховский Технологический Университет, Факультет инженерии процессов, материалов и прикладной физики, кафедра обработки металлов давлением и инженерной безопасности
ал.Армии Краевой 19, 42-200 Ченстохова, Польша;
e-mail: bartosikmonika@wip.pcz.pl

Современным направлением производства труб является снижение их массы за счет повышения предела текучести. В связи с этим было принято решение разработать технологию, которая дала бы возможность производить толстый лист для труб с классом прочности от X80 до X120.

Согласно норме EN 10208-2 листы на трубы должны характеризоваться высоким уровнем прочностных и пластических свойств, которые напрямую зависят от структуры. Благодаря оптимальному соотношению химсостава и параметров прокатки представляется возможным получение мелкозернистой структуры игольчатого феррита, которая обеспечивает соответствующий уровень свойств.

Анализ литературных данных позволил подобрать экспериментальный химсостав стали, который, по мнению авторов, даст возможность получить толстый лист с минимальным классом прочности X80. Применение нового химического состава тесно связано с разработкой технологии производства. Предварительные исследования показали, что соответствующий уровень механических свойств для предложенного химсостава можно получить путем прокатки с большими степенями обжатия, хотя это и приводит к большей нагрузке прокатных клетей (превышение максимально допустимых единичных обжатий и повреждение прокатной

клетей). Важным аспектом процесса является определение энергосиловых параметров прокатки листа с большими обжатиями.

В рамках работы было проведено математическое моделирование процесса прокатки слитков сечением 225x2000 мм² с целью отображения реальных условий прокатки в черновой и чистовой клетей. На основании полученных данных проведена оценка возможности прокатки трубных заготовок из стали предложенного химсостава. Теоретический анализ процесса проводили с использованием компьютерной программы Forge 2008®.

1. Введение

Согласно требованиям нормы EN 10208-2, соответствующей американской норме API 5L, листы, предназначенные для труб, должны иметь высокий уровень прочностных и пластических свойств, которые зависят от структуры. Путем подбора соответствующего химического состава и параметров прокатки возможно получение мелкозернистой структуры игольчатого феррита, который обеспечивает соответствующий уровень свойств. На основании анализа литературы был предложен такой химсостав стали, который позволит получить лист со свойствами по норме EN 10208-2 для стали марки L555 (X80 согласно API). Методика разработки химсостава стали представлена в работе [2]. Химический состав стали представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав стали Chemical composition, %												
C	Mn	Si	P	S	Ni	Mo	Cu	Cr	Nb	Al	Ti	N
0,095	1,95	0,35	0,010	0,010	0,11	0,20	0,12	0,13	0,055	0,032	0,043	36 ppm

Начальные исследования [2] показали, что соответствующий уровень механических свойств для предложенного химического состава можно получить путем прокатки с большими обжатиями, что связано с большой нагрузкой прокатных клетей. Это может привести к превышению максимально допустимых единичных давлений и повреждению клетей стана. Для недопущения такого процесса важным является определение

энергосиловых параметров процесса прокатки с большими обжатиями. Теоретический анализ прокатки листов проводили в компьютерной программе Forge 2008®. Для исследований использовали кривые течения исследуемой стали [2] были проведены исследования, результаты которых позволили получить, которые были аппроксимированы с помощью функции Хензеля-

Шпиттеля [3]. Коэффициенты уравнения (3) представлено в таблице 2.

$$\sigma_p=A*e^{m1*Temp*Temp^{m9}*eps^{m2}*e^{\frac{m4}{eps}}*(1+eps)^{m5*Temp}*e^{m7*eps}*u^{m3}*u^{m8*Temp}} \tag{3}$$

Таблица 2

Коэффициенты уравнения Хензеля-Шпиттеля.

A	m1	m2	m3	m7	m4	m5	m8	m9
0,000000	-0,007537	0,386415	-0,052943	-0,137999	-0,000198	-0,001184	0,000151	4,736197

2. Область исследований

В работе был проанализирован реальный процесс прокатки толстых листов из стали, близкой по химсоставу к исследуемой стали. В реальных условиях прокатка проводилась на двухклетевом стане типа тандем. В черновой клети проводилась прокатка плоского слитка с поперечным сечением 225х2000 мм² на подкат толщиной 60 мм. В зависимости от принятой схемы деформации, конечным изделием был лист толщиной 15 и 18 мм.

Для более точного определения влияния процесса прокатки на свойства анализируемой марки стали процесс прокатки был разделен на два этапа: черновая и чистовая прокатка. В процессе математического моделирования были проведена прокатка в 7 проходов по схеме, представленной на рисунке 1 с учетом истории деформации металла в клетях. Для сокращения времени расчетов моделирование проведено для части листа шириной 10 мм с вертикальной симметрией. Анализ результатов был проведен для реальной ширины полосы.

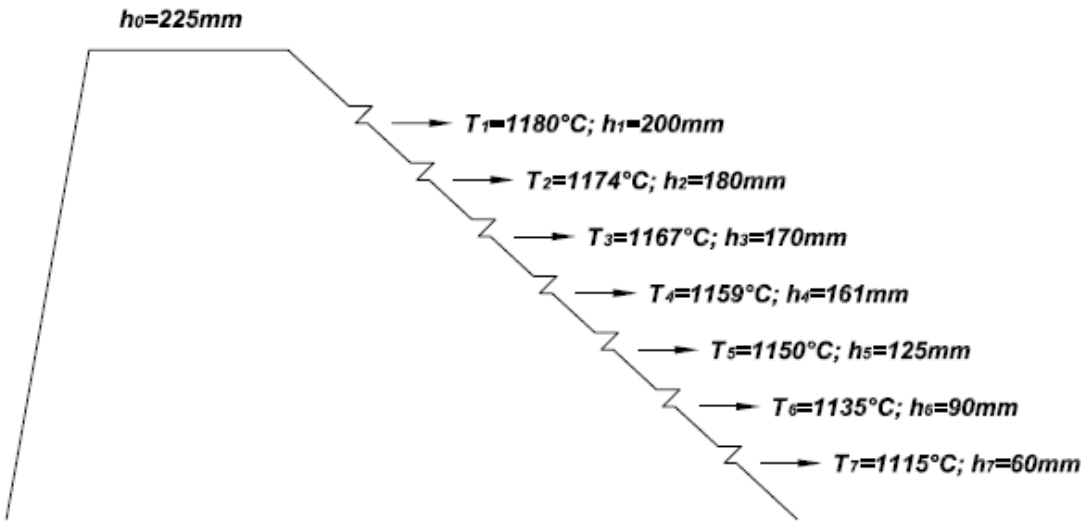


Рис. 1. Схема прокатки листов из разработанной марки стали

3. Анализ результатов исследований

В результате проведенного математического моделирования процесса прокатки листов в черновой клети было

определено распределение температур, деформации и скорости деформации в процессе прокатки.

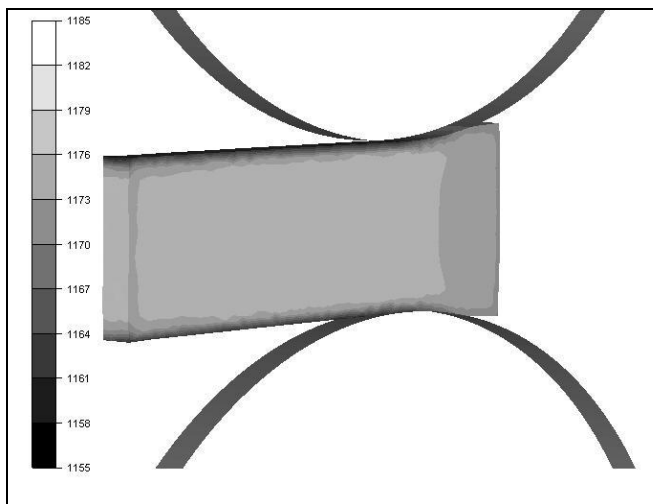


Рис. 2. Распределение температуры в полосе после первого прохода

На рисунках 2 и 3 представлено распределение температуры в полосе после первого и последнего прохода, полученное на основании математического моделирования. Из данных, представленных на рисунках 2 и 3, видно, что разница между средней температурой полосы в первом и последнем проходах составила 70°C. Максимальное значение температуры в

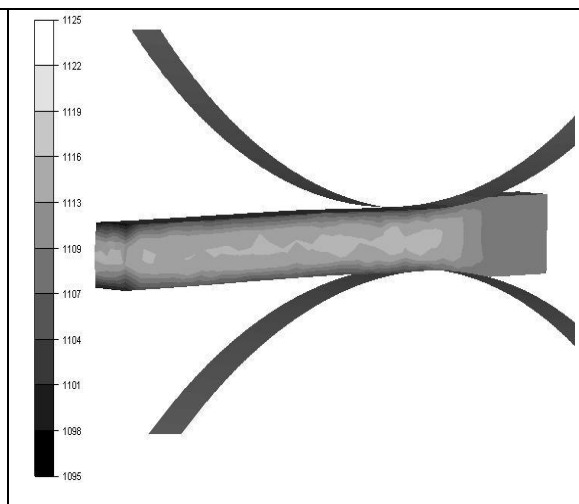


Рис.3. Распределение температуры в полосе после седьмого прохода

первом проходе составила 1180°C, а в последнем - 1120°C. При увеличении количества проходов распределение температуры было более неравномерным.

На рисунках 4 и 5 представлено распределение деформации в деформируемой полосе после первого и последнего прохода.

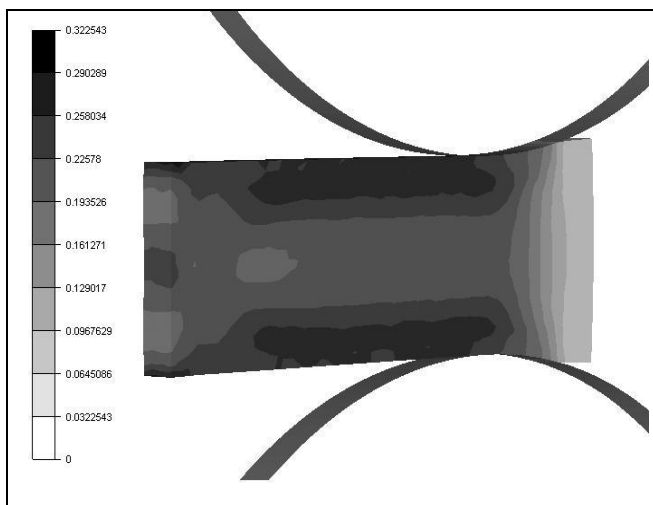


Рис. 4. Распределение деформации после первого прохода

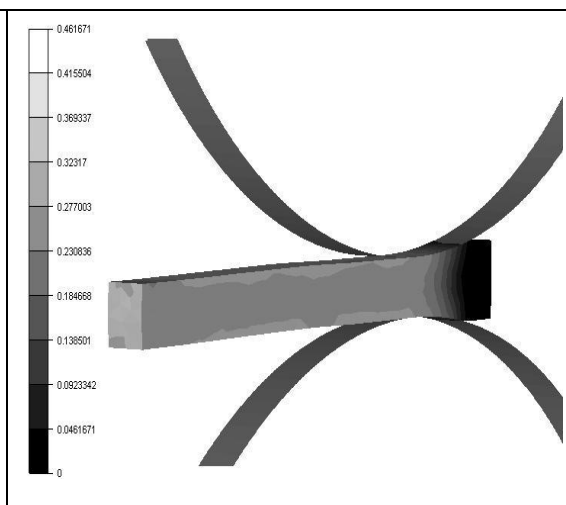


Рис. 5. Распределение деформации после седьмого прохода

Из результатов математического моделирования, представленных на рисунках 4 и 5, видно, что на начальном этапе прокатки распределение деформации более неравномерное, чем в последнем проходе. С уменьшением высоты полосы распределение деформации в полосе стало более равномерным. Наиболее равномерная деформация по объему деформируемой полосы должна привести к равномерному распределению прочностных и пластических свойств в готовом изделии.

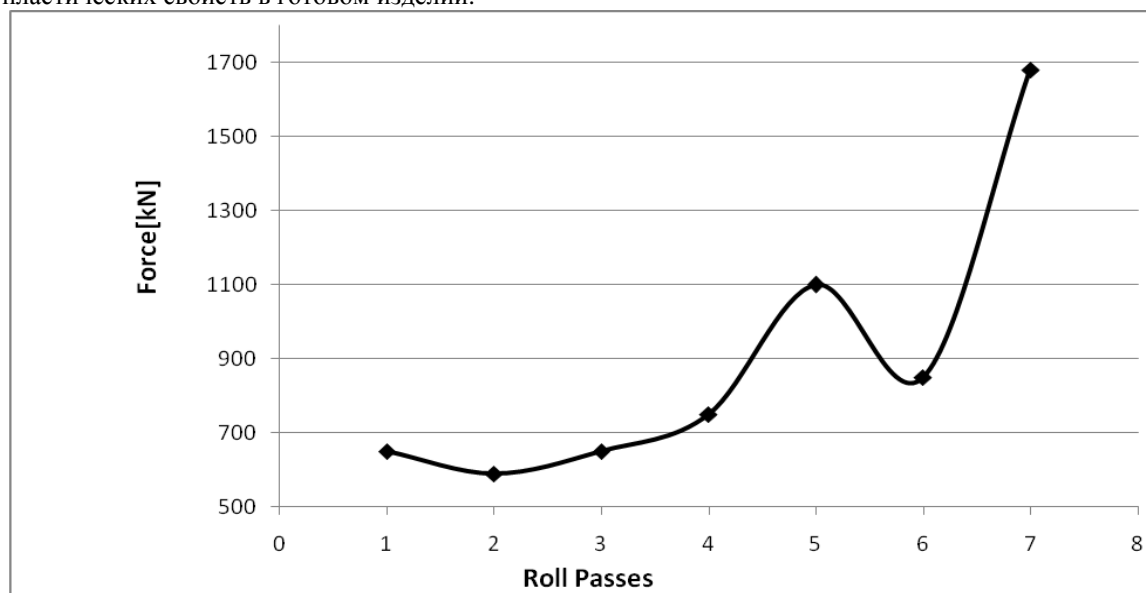


Рис.6. Изменение силы давления в процессе прокатки по разработанной схеме

Из данных, представленных на рисунке 6, видно, что в первых четырех проходах давление значительно не изменилось, а его величина увеличилась с 590 кН во втором проходе до 750 кН в четвертом проходе. Значительный рост давления наблюдается в пятом и седьмом проходах, что могло быть результатом применения больших деформаций и низшей температурой полосы. Максимальная сила давления в процессе прокатки была зарегистрирована в последнем проходе и составила 1680 кН.

4. Выводы

В рамках работы был проведен теоретический анализ процесса прокатки листов для производства труб. Для математического моделирования использовали часть листа шириной 10 мм. На основании полученных результатов моделирования было получено распределение температуры, деформации и силы давления. Общая сила давления была определена для реального листа шириной 2000 мм. Значительный рост давления наблюдался в пятом и седьмом проходах. Максимальное значение силы давления в процессе прокатки полосы было зарегистрировано в последнем проходе и составило 1680 кН. Предложенная схема

Температура как и задаваемые значения деформации значительно влияют на общую силу давления полосы на валки. Резкий рост силы в черновой клетке было получено после пятого и седьмого прохода. Для расчетов принято полосу шириной 2000 мм. Изменения общей силы давления F в каждом проходе, рассчитанные с помощью математического моделирования, представлено на рисунке 6.

прокатки привел к равномерному распределению деформации в готовой полосе. Наиболее равномерное распределение по объему полосы должно повлиять на получение равномерного распределения прочностных и пластических свойств готового листа.

Список литературы

- [1] Dariusz Chromik, „Nowoczesne technologie spawalnicze”, RUROCIĄGI, Nr 4/54/2008
- [2] Anna Kawalek, Monika Magiera, Henryk Dyja, Marcin Knapinski, Bartosz Koczurkiewicz, Marcin Kwapisz „Numerical modelling rolling process pipelines sheet” The 9-th International Conference Mechatronic Systems and Materials”1-3 Lipiec 2013r.- Wilno
- [3] Magiera Monika, Bartosz Koczurkiewicz, Anna Kawalek „The theoretical analysis of asymmetric rolling process pipelines sheet” Проблемы недропользования” Сборник научных трудов, часть II, Санкт-Петербург, 24-26 апреля 2013г.