

ПРОЦЕСС АСИММЕТРИЧНОЙ ПРОКАТКИ ТОЛСТОГО ЛИСТА

ASYMMETRICAL ROLLING OF PLATES

КАВАЛЕК АННА АДОЛЬФОВНА, ДЫЯ ХЕНРЫК ИОСИФОВИЧ

Ченстоховский технологический университет

Институт обработки металлов давлением и инженерии безопасности

Ал. Армии Крайовой 19, 42-200 Ченстохова, Польша

e-mail: kawalek@wip.pcz.pl

Abstract

The results of experimental investigations was introduced in the article which was conducted during initiation of asymmetrical rolling technology of plate rolling in plate rolling mill and sheet rolling in hot sheet rolling mill. The technical-economic effects which were obtain in the implementation results of these technologies in the practice was also introduced.

Введение

Во время проектирования технологии прокатки толстого листа и нового прокатного оборудования, принимается для процесса прокатки геометрическую и кинематическую симметрию параметров, по отношению к горизонтальной и вертикальной оси очага деформации. Принимается, что рабочие валки имеют одинаковые диаметры и одинаковые угловые скорости, а в обоих местах стыка металла и валков выступают такие же условия трения и одинаковые длины зоны опережения и отстаивания, от стороны верхнего и нижнего вала, а кроме того распределение деформации является симметричным на толщине полосы.

В промышленных условиях во время прокатки толстого листа могут выступать многие причины решающиеся о асимметрии процесса прокатки, из которых самые важные это: неравномерное нагревание шихты, несовпадение нейтральной оси полосы и нейтральной оси очага деформации, неодинаковые диаметры верхнего и нижнего рабочего вала, неточно исполненные части прокатной клетки, различие в характеристиках систем управления приводами определенных валков.

В действительности выступает, переменный во время прохода, асимметричный процесс прокатки, который проявляется в неконтролируемым изгибе полосы во время ее захвата валками и на плоскости выхода из очага деформации, в ускорению валков вместе с полосой, в неравномерной нагрузке приводов а также в существовании управляющего и управляемого рабочего вала. В результате возникают недостатки в области формы полосы – волнистость и неравномерность толщины полосы на ее ширине и длине, которых невозможно удалить во время дальнейшей операции правки.

Чтобы улучшить качество толстого листа, введено между прочим нормализующую прокатку, прокатку при ускоренным охлаждению после процесса прокатки и новые системы формирующие прокатную щель. Здесь можно причислить гидравлическую установку валков и систему изгиба

рабочих валков. Внедрение этих систем происходит за счет увеличенных нагрузок прокатных клеток и рабочих инструментов – валков.

Основы асимметрического процесса прокатки

В очаге деформации существуют две зоны течения металла. Со стороны входа металла в очаг деформации существует зона отстаивания, со стороны выхода – зона опережения. Эти зоны разделяет нейтральная плоскость, в которой скорость металла равна окружной скорости валков. В зоне отстаивания скорость металла меньше чем окружная скорость валков, зато в зоне опережения эта скорость больше. В случае симметрического процесса, длина этих зон для обеих плоскости стыка такая же. Внедрение асимметрии приводит к нарушению равновесия в очаге деформации, изменяются длины определенных зон и расположение нейтральной зоны. В очаге деформации, со стороны каждого вала, появляется области – зоны о противонаправленных контактных напряжениях (рис. 1). Длины этих зон зависят от величины внедренной асимметрии и в граничном случае могут захватывать целый очаг деформации.

Существование зон, в которых силы трения на верхнем и нижнем валке противонаправлены, а их действие можно сравнить с действием сил натяга и противтяга, что является полезным для процесса прокатки, так как это влияет на снижение силы полного давления металла на валки и одновременно на снижение упругого изгиба элементов прокатной клетки. Следует помнить, что кроме положительных свойств, в процессе прокатки асимметричным способом, могут выступать также отрицательные явления, проявляющиеся в изгибе полосы вне очаге деформации, нагрузкой приводов прокатных станов и возможностью существования скольжения в очаге деформации. Поэтому технологию прокатки способом асимметричным, следует вести при таких параметрах, при которых не существуют отрицательные эффекты или они допустимые для определенных условий [1-3].

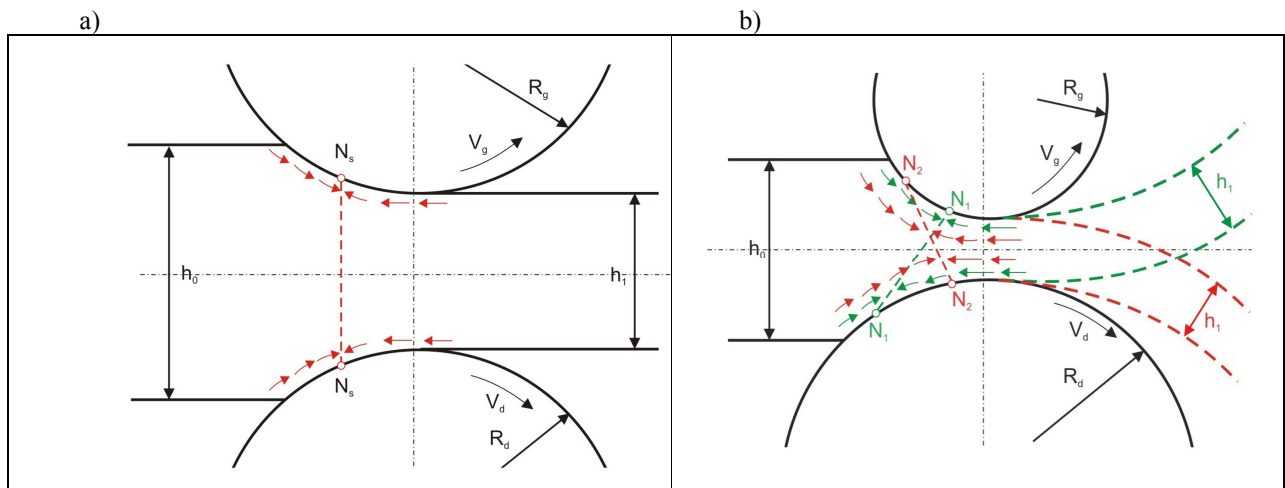


Рис. 1. Схемы прокатки симметричным (а) и несимметричным способом (б)

Результаты экспериментальных исследований

Перед применением технологии асимметричной прокатки в промышленных условиях, следует провести многие теоретические исследования, чтобы определить допустимые диапазоны коэффициентов асимметрии, для переменных остальных параметров процесса, для которых получается плоскую полосу или полосу с небольшой кривизной со стороны выхода из очага деформации и одновременно снижение давления металла на валки.

Высокую стоимость промышленных исследований связанную с разработкой технологии асимметричной прокатки, можно значительно уменьшить благодаря применению коммерческой программы FORGE 2008®. Эту программу, опирающуюся на метод конечных элементов, можно использовать в трёхмерной симуляции пластического течения металла в очаге деформации.

Номерная модель процесса прокатки горячим способом, применена в этой программе, была неоднократно проверена в действительных промышленных условиях. Подсчеты проведенные при помощи этой программы для прокатного цеха тонкого листа были между прочем положительно проверены в Литейном заводе имени Т. Сендзимира. Эта модель была также проверена во время прокатки толстого листа в прокатном стане 3600 в Литейном заводе в Ченстохове. Эта проверка касалась симметричных процессов.

В 1999-2001 гг. систему асимметричной прокатки внедрено в двух последних проходах, в окончательном прокатном стане в литейном заводе в Ченстохове, для толстого листа толщиной 8-15 из угольной стали. Благодаря исследованиям внедрено систему, благодаря которой возможным является введение так называемой „маленькой асимметрии” (около 8 %) и „большой асимметрии” (15 %). В результате применения асимметричной прокатки согласно так называемой „маленькой асимметрии” полное давление металла на валки уменьшился на около 5 % (рис. 2), а в случае так называемой „большой асимметрии” уменьшился на 10-15%

(рис. 3), кроме того получено уменьшение толщины готовой полосы на 1-2 % (рис. 4) и уменьшение отклонения толщины на длине и ширине листа на 60-80 % и получено уменьшение количества выбракованных листов из-за волнистости, а также сэкономлено энергию нужную для создания единичной массы листа и регулирования системы приводов.

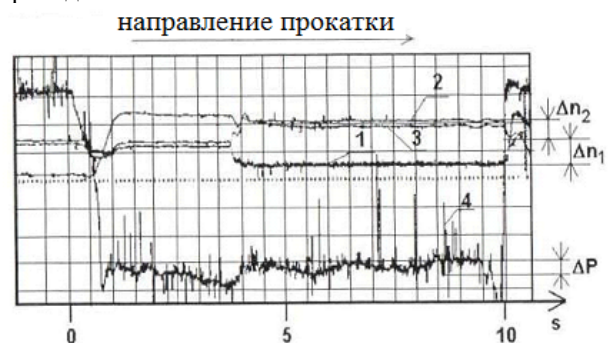


Рис. 2. Распределение измеренных сил полного давления P (4), разницы окружной скорости управляющего валка Δn_1 (1), управляемого валка Δn_2 (2) и окружной скорости валков n (3) во время прокатки листа которого размеры составляют 7,8 x 1686 x 28980 мм из стали АН36 в последнем проходе

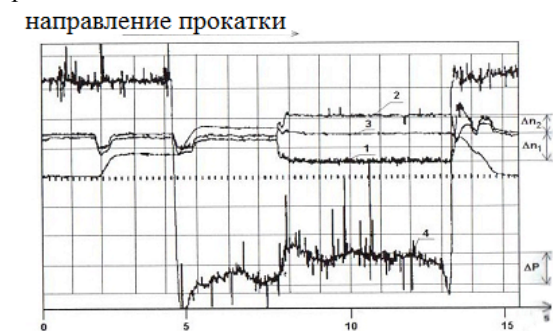


Рис. 3. Распределение измеренных сил полного давления P (4), разницы окружной скорости управляющего валка Δn_1 (1), управляемого валка Δn_2 (2) и окружной скорости валков n (3) во время прокатки листа которого размеры составляют 14,8 x 2165 x 30350 мм из стали S355J2G3 в последнем проходе

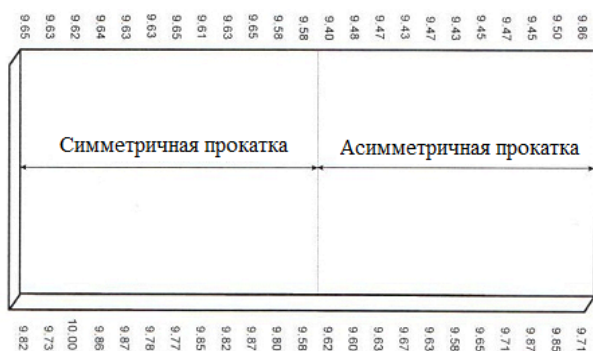


Рис. 4. Распределение толщины полосы на длине перед включением (часть а) и после включения системы правления асимметричной прокаткой (часть б)

Асимметричная прокатка была внедрена в двух последних прокатных клетках постоянного прокатного стана 1700 для прокатки горячим способом. Принято следующие параметры процесса прокатки [5-7]:

- отношение формы полосы $h_0/R = 0,0066-0,0385$ для предпоследней клетки, $h_0/R = 0,0058-0,0299$ для последней клетки;
- диапазон примененных относительных обжатий $\epsilon = 0,10-0,40$ для предпоследней клетки и $\epsilon = 0,07-0,20$ для последней клетки;
- коэффициент асимметрии $0,95-1,00$.

Асимметрию введено путем дифференцирования диаметров рабочих валков. Значение среднего единичного давления, получено во время симметричной и асимметричной прокатки полос толщиной $h_k = 6$ мм и $h_k = 8$ мм.

В таблице 1 представлено значения среднего единичного давления полученные во время симметричного и асимметричного процесса прокатки полос толщиной $h_k = 6$ мм и $h_k = 8$ мм.

Согласно данным представленным в таблице 1 следует, что прокатка полос при применении разных диаметров рабочих валков приводит к уменьшению значения среднего единичного давления.

В случае прокатки полосы до конечной толщины $h_k = 6,00$ мм при обжатии $\Delta h = 0,62$ мм, значение давления уменьшается на 23,6 % (позиция 1 и позиция 10 в таблице 2). Во время прокатки полосы до конечной толщины $h_k = 8,00$ мм и при обжатии $\Delta h = 0,55$ мм (позиция 4 и 12 в таблице 1) значение давления уменьшается на 16,8 %, для обжатия $\Delta h = 0,56$ значение единичного давления уменьшается на 14,7 % (позиция 3 и 14 в таблице 1), для обжатия $\Delta h = 0,57$ значение давления уменьшается на 15,8 % (позиция 5 и 13 в таблице 1).

Введение процесса асимметричной прокатки в двух последних клетках постоянного прокатного стана 1700 для прокатки горячим способом, привело к уменьшению среднего единичного давления средне на 11 % в предпоследней клетке и на около 12 % в последней клетке, что привело к уменьшению упругого изгиба предпоследней клетки на 0,31 мм а для последней клетки – на 0,26 мм, в результате чего возможным являлось уширение ассортимента прокатанных листов толщиной 1,8 мм и шириной 1245 мм.

Таблица 1. Результаты исследований асимметричной прокатки листа в постоянном прокатном стане

Номер		Номер полосы	Δh , мм	p_{sr} , МПа	Температура конца прокатки	H_k , мм
1	асимметрия	0C32225710	0,62	206,65	858	$6,00^{\pm 0,03}$
2		0C32225711	0,59	238,77	850	$6,01^{\pm 0,02}$
3		0C23148901	0,56	184,64	894	$7,99^{\pm 0,03}$
4		0C23148902	0,55	189,50	886	$8,00^{\pm 0,02}$
5		0C23148904	0,57	185,17	888	$8,00^{\pm 0,02}$
6		0C23148905	0,58	194,02	885	$8,00^{\pm 0,03}$
7		0C23148903	0,55	189,60	888	$8,00^{\pm 0,03}$
8		0C10948707	0,60	192,64	895	$7,99^{\pm 0,04}$
9	симметрия	0C32226502	0,62	268,01	862	$5,99^{\pm 0,02}$
10		0C32226503	0,62	270,50	855	$5,99^{\pm 0,03}$
11		0C23153904	0,53	204,44	884	$8,00^{\pm 0,02}$
12		0C23153906	0,55	227,63	889	$8,03^{\pm 0,03}$
13		0C23153907	0,57	219,82	885	$8,01^{\pm 0,05}$
14		0C23153909	0,56	216,43	886	$8,01^{\pm 0,04}$
15		0C23153910	0,57	212,89	885	$8,01^{\pm 0,03}$

Подведение итогов

В результате применения асимметричной прокатки в двух последних проходах, в окончательном прокатном стане, в прокатном цехе толстого листа 3600, получено экономические эффекты, то есть:

- улучшение заказанного материала

- контракты согласно массе вытекающей из номинальных размеров
- уменьшение количества переклассифицированного листа из-за волнистости
- расширение оферты листа для которого характерна большая толщина и ширина.

В результате применения ассиметричной прокатки в двух последних клетках постоянного прокатного стана 1700 получено экономические эффекты, то есть:

- уменьшение количества не до конца прокатанных листов от значения 0,35 % перед внедрением до 0,23 % после внедрения;
- элиминирование операции прокатывания валков с целью приспособления диаметров содействующих валков; в первом году внедрения, показателя износа валков уменьшился от 0,927 кг на тону до 0,91 кг/тону. В следующих 2 годах этот показатель уменьшился до значения 0,844 кг/тону листа;
- уменьшение волнистости от 0,16 % перед внедрением, до 0,09 % после внедрения;
- уменьшение применения операции починочного выглаживания листа от 5,3 % перед внедрением, до значения 3,8 % после внедрения.

Библиография

1. Dyja H., Sałganik A. M., Piesin A. M., Kawalek A.: *Asymetryczne walcowanie blach cienkich Teoria, technologia i nowe rozwiązania*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Seria Monografie nr 137, ISBN 978-83-7193-364-6, ISSN 0860-5017, 2008, s. 345.

2. Kawalek A.: *Asymetryczne walcowanie blach grubych w walcowni dwuklatkowej*. Wydawnictwo Wydziału Inżynierii Procesowej, Materiałowej i Fizyki Stosowanej, Politechniki Częstochowskiej. Seria Monografie nr 11, ISBN 978-83-87745-98-1, ISSN 2080-2072, 2011, s.186.

3. Piesin A. M., Sałganik V. M., Dyja H., Chikishev D. N., Pustovoitov D. O., Kawalek A.: *Asymmetric rolling: Theory and technology*. Hutnik Wiadomości Hutnicze, R LXXIX, maj 2012, Nr 5, s. 358-362.

4. Dyja H., Wilk K.: *Asymetryczne walcowanie blach i taśm*. Wydawnictwo Wydziału Metalurgii i Inżynierii Materiałowej, Politechniki Częstochowskiej. Seria Metalurgia nr 2, ISBN 83-87745-05-7, 1998, s.268.

5. Kawalek A.: *Forming of band curvature in asymmetrical rolling process*. Journal of Materials Processing Technology, Volume: 155-156, November 30, 2004, Pages 2033-2038.

6. Kawalek A.: *The theoretical and experimental analysis of the effect of asymmetrical rolling on the value of unit pressure*. Journal of Materials Processing Technology, Volume: 157-158, December 20, 2004, Pages 531-2038.

7. Kawalek A., Dyja H., Frączek T.: *Wpływ asymetrycznego walcowania na strukturę, własności mechaniczne i technologiczne oraz geometrię powierzchni wybranych gatunków blach*. Inżynieria Materiałowa, Nr 5 (130), Rok XXIII, wrzesień-październik 2002, s. 672-675.