

А.П.Лохматов, А.И.Лещенко, П.В.Токмаков

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ
ДВУХНИТОЧНОЙ СОРТОВОЙ ПРОКАТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
НЕПРИВОДНЫХ РАБОЧИХ КЛЕТЕЙ**

Представлены результаты аналитических исследований влияния деформационных и кинематических параметров очагов деформации приводных и неприводных рабочих клеток на изменение энергосиловых параметров непрерывной двухниточной сортовой прокатки. Показано, что перераспределение деформационных и кинематических параметров прокатки между приводной и неприводной рабочими клетями приводит к изменению энергосиловых параметров во всех клетях стана.

сортовая прокатка, приводные и неприводные рабочие клетки, деформационные и кинематические параметры

Современное состояние вопроса. Отделом физико-технических проблем процессов прокатки сортового и специального проката Института черной металлургии НАН Украины разработаны теоретические и технологические основы непрерывной сортовой прокатки стали с применением неприводных рабочих клеток. Результаты выполненных при этом исследований опубликованы в научно-технических журналах и обобщены в работе [1]. Практическая реализация процесса непрерывной сортовой прокатки с применением неприводной рабочей клетки осуществлена на однониточном непрерывном мелкосортно-проволочном стане 250/150-6 предприятия «АрселорМиттал Кривой Рог» [2,3]. По итогам промышленной эксплуатации опытно-промышленного образца неприводной клетки, сформулированы задачи по повышению эффективности технологии непрерывной сортовой прокатки с применением неприводных рабочих клеток.

Постановка задачи. Для расширения области использования процессов непрерывной сортовой прокатки с применением неприводных рабочих клеток, в отделе выполняются исследования процесса непрерывной двухниточной сортовой прокатки. Целью указанных исследований является установление закономерностей влияния параметров очагов деформации приводных прокатных клеток (ПК) на условия реализации процесса непрерывной двухниточной сортовой прокатки с применением неприводных рабочих клеток (НК) для повышения эффективности энергопотребления за счет использования резерва втягивающих сил трения в очагах деформации приводных прокатных клеток. На данном этапе выполнены аналитические исследования по изучению влияния деформационных и кинематических параметров очагов деформации приводных рабочих клеток на изменение энергосиловых параметров непрерывной двухниточной сортовой прокатки с использованием неприводных рабочих клеток. В ка-

честве объекта исследования выбраны черновая и промежуточная группы рабочих клетей типового непрерывного двухниточного мелкосортного прокатного стана 250.

Изложение основных материалов исследования.

При оценке распределения деформационных, температурных и энергетических параметров по линии стана 250, был выполнен расчет энергосиловых параметров для указанных рабочих клетей при прокатке круга $\varnothing 16$ мм из Ст 3 сп из заготовки сечением 80 x 80 мм. Исходные данные для базового (без неприводных клетей) варианта прокатки приведены в табл.1. Результаты расчета энергосиловых параметров представлены на рис.1 – 4.

Представленное на рис. 1 распределение показателя полезной работы деформации ($\ln \mu$) связано с особенностями используемой на стане системы калибровки. Анализ распределения показателя полезной работы деформации, истинной и относительной степеней деформации по клетям черновой и промежуточной групп стана показал, что наиболее загруженными клетями являются клетки №№3, 5 и 7.

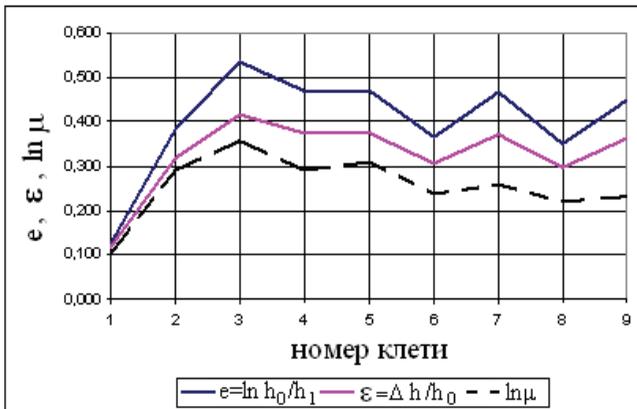


Рис.1. Распределение истинной (ϵ) и относительной (ϵ) степеней деформации, а также показателя полезной работы деформации ($\ln \mu$) по клетям №1-9 стана 250 при прокатке круга $\varnothing 16$ мм из Ст 3 сп.

Анализ условий прокатки на участках клетей №№3-4, 5-6, 7-8 позволил предположить возможность переноса части деформации, выполняемой перегруженными клетями, в неприводные рабочие клетки, установленные после них. Таким образом, результаты расчетов, выполненные при оценке распределения деформационных, температурных и силовых параметров по клетям № 1-9 непрерывного двухниточного мелкосортного прокатного стана 250, позволили определить возможные места установки неприводных клетей: в промежутках между клетями №3 и №4, №5 и №6, №7и №8.

Таблица 1. Исходные данные для расчета температурно - деформационных и энергосиловых параметров в рабочих клетях черновой и промежуточной групп при прокатке круга Ø16мм из Ст 3 сп на непрерывном мелкосортном прокатном стане 250 ($t_{заг} = 1150^{\circ}\text{C}$)

№ клети	Параметры прокатки по таблице калибровки			Расчитанные параметры прокатки											
	D, мм	V, м/с	П _{др,-1} , мин	F _{свп} , мм ²	D _{кат} , мм	K _л	ИЖКТ	Приведенная полоса					ε	e	
								h ₀ , мм	b ₀ , мм	h ₁ , мм	b ₁ , мм	Δh, мм			
	80x80			6275											
1	400	0,6	337	5660	365	1,109		78,4	80	69	82	9,4	0,12	0,128	
2	400	0,8	458	4230	362	1,338		69	82	47	90	22	0,319	0,384	
3	400	1,1	620	2960	360	1,429		82,9	51	48,5	61	34,4	0,415	0,536	
4	400	1,5	433	2215	375	1,336		48,5	61	30,3	73	18,2	0,375	0,470	
5	380	2,0	640	1625	338	1,363		63,3	35	39,6	41	23,7	0,374	0,469	
6	380	2,5	600	1280	364	1,269		31,3	52	21,7	59	9,6	0,307	0,366	
7	380	3,3	632	990	345	1,293		49,2	26	30,9	32	18,3	0,372	0,465	
8	380	4,1	554	795	366,5	1,245		23,6	42	16,6	48	7	0,297	0,352	
9	380	5,1	525	630	353	1,262		37,9	21	24,2	26	13,7	0,361	0,448	

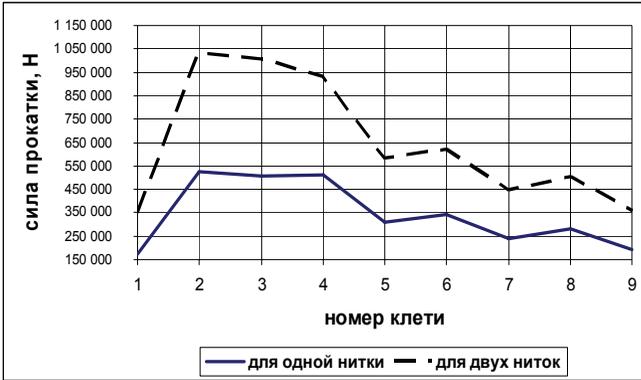


Рис.2. Распределение силы прокатки по клетям № 1-9 стана 250 при прокатке круга Ø16 мм из Ст 3 сп ($t_{загот}=1150^{\circ}\text{C}$).

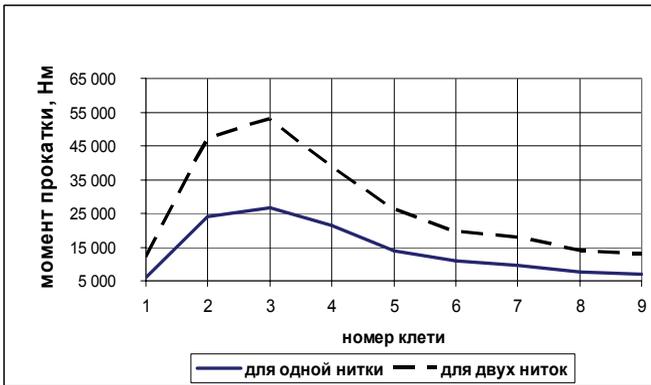


Рис.3. Распределение момента прокатки по клетям № 1-9 стана 250 при прокатке круга Ø16 мм из Ст 3 сп ($t_{загот}=1150^{\circ}\text{C}$).

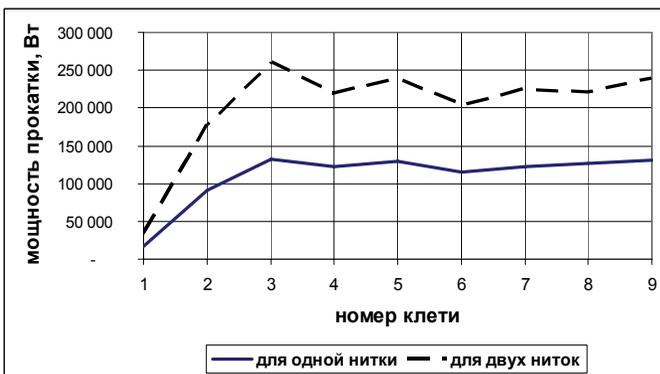


Рис.4. Распределение мощности прокатки по клетям № 1-9 стана 250 при прокатке круга Ø16 мм из Ст 3 сп ($t_{загот}=1150^{\circ}\text{C}$).

Аналитические исследования по изучению влияния температурно-деформационных и кинематических параметров очагов деформации приводных клеток на изменение энергосиловых параметров непрерывной

двухниточной сортовой прокатки с использованием неприводных рабочих клетей выполнены с использованием математической модели, представленной в работах [1,4]. Предварительный анализ изменения температуры в клетях черновой и промежуточной групп стана 250 при прокатке с использованием трех неприводных рабочих клетей (после клетей №№ 3,5,7) показал четко выраженную тенденцию к снижению температуры прокатки по сравнению с базовым вариантом (рис.5).

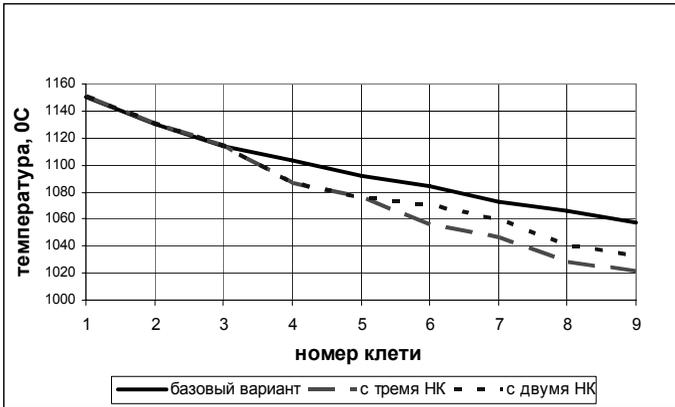


Рис.5. Распределение температуры по клетям № 1-9 стана 250 при различных вариантах прокатки

При установке двух неприводных клетей в линии стана (после клетей №3 и7), снижение температуры имеет меньшую величину (температура прокатки в клетях №9 1034⁰С против 1020⁰С), что соответственно влияет на изменение напряжения текучести деформируемого металла. Поэтому исследования по влиянию температурно-деформационных и кинематических параметров очагов деформации приводных клетей на изменение энергосиловых параметров двухниточной прокатки с использованием неприводных рабочих клетей выполнялись для двух случаев – с установкой трех НК и с установкой двух НК в линии стана. Результаты этих исследований представлены в табл.2, 3 и на рис.6, 7.

Из представленных данных видно, что при установке неприводных рабочих клетей в линии стана 250 изменяется уровень загрузки приводных клетей в сравнении с базовым (без НК) вариантом. Так, установка неприводных клетей позволила уменьшить величину силы прокатки в клетях №№3, 5, 7 при установке трех НК в линии стана и в клетях №№3, 7 при установке двух неприводных клетей. Это снижение объясняется перераспределением обжатий между приводными и неприводными клетями, что и позволило уменьшить силу и, соответственно, момент и мощность прокатки в указанных клетях. Изменение энергосиловых параметров прокатки в последующих клетях объясняется влиянием температуры прокатки на напряжение текучести металла, поскольку снижение температуры

прокатки, вызванное установкой неприводных клеток (рис. 5), увеличивает значение напряжения текучести, что приводит к изменению параметров прокатки.

Таблица 2. Энергосиловые параметры непрерывной двухниточной прокатки в клетях черновой и промежуточной групп с использованием трех неприводных рабочих клеток при прокатке круга Ø16мм из Ст 3 сп на непрерывном мелкосортном прокатном стане 250

Параметры прокатки с установкой трех НК (после 3, 5 и 7 ПК)						
$t_{загот}=1150^{\circ}\text{C}$						
	Сила прокатки, кН		Момент прокатки, кНм		Мощность прокатки, кВт	
№ клетки	для одной нитки	для двух ниток	для одной нитки	для двух ниток	для одной нитки	для двух ниток
1	175,3	348	5,992	11,829	18,541	36,598
2	523,6	1 034,5	24,110	47,515	101,384	199,802
3	263,7	524,3	12,693	25,157	78,079	154,598
4	537,4	1 057,9	22,492	44,156	175,689	344,912
5	281	515,8	11,852	21,681	136,838	250,322
6	372,3	725,3	11,854	22,900	165,377	319,480
7	126,3	250,9	4,237	8,383	86,778	171,152
8	316,5	614,4	8,771	16,848	199,083	382,438
9	216,2	429,1	7,785	15,410	236,338	466,728
Σ	-	-	-	-	1 198,105	2 326,330
базов. вар-т	-	-	-	-	1 324,985	2 465,414
отноше-ние Σ /баз.	-	-	-	-	0,904	0,944

Таблица 3. Энергосиловые параметры непрерывной двухниточной прокатки в клетях черновой и промежуточной групп с использованием двух неприводных рабочих клетей при прокатке круга Ø16мм из Ст 3 сп на непрерывном мелкосортном прокатном стане 250

Параметры прокатки с установкой двух НК (после 3 и 7 ПК) $t_{загот}=1150^{\circ}\text{C}$						
№ клетки	Сила прокатки, кН		Момент прокатки, кНм		Мощность прокатки, кВт	
	для одной нитки	для двух ниток	для одной нитки	для двух ниток	для одной нитки	для двух ниток
1	175,3	348	5,992	11,829	18,541	36,598
2	523,6	1 034,5	24,110	47,515	101,384	199,802
3	263,8	524,3	12,693	25,157	78,079	154,598
4	537,4	1 057,9	22,492	44,156	175,689	344,912
5	325,8	649	14,586	29,031	168,403	335,182
6	356,3	694,2	11,336	21,900	158,152	305,544
7	121,0	240,4	4,059	8,031	82,962	163,912
8	304,4	590,9	8,430	16,191	191,361	367,582
9	208,6	414	7,506	14,856	227,461	449,156
Σ	–	–	–	–	1 202,031	2 357,288
базовый вариант	–	–	–	–	1 324,985	2 465,414
отношение Σ/баз.	–	–	–	–	0,907	0,956

Результаты аналитических исследований по изучению влияния температурно-деформационных и кинематических параметров очагов деформации приводных клетей на изменение энергосиловых параметров непрерывной двухниточной сортовой прокатки с использованием неприводных рабочих клетей соответствуют основным положениям теории прокатки [5] и теоретическим основам процесса непрерывной прокатки сортовой стали с использованием неприводных рабочих клетей [1].

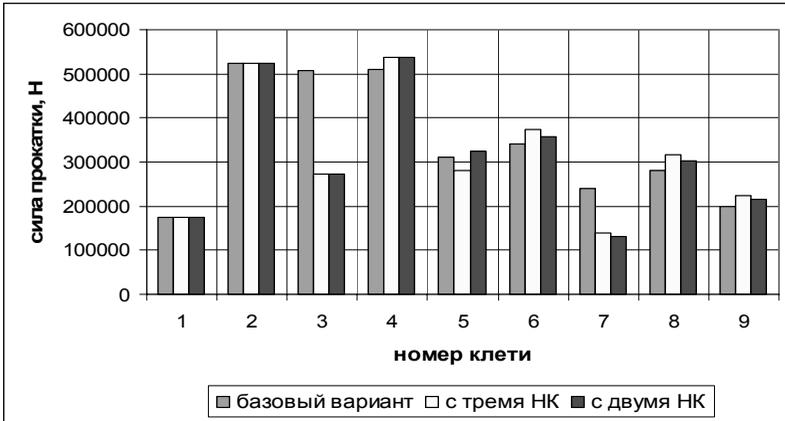


Рис.6. Изменение силы прокатки при установке неприводных клетей в черновой и промежуточной группах мелкосортного стана 250 ($t_{загор} = 1150^{\circ}\text{C}$)

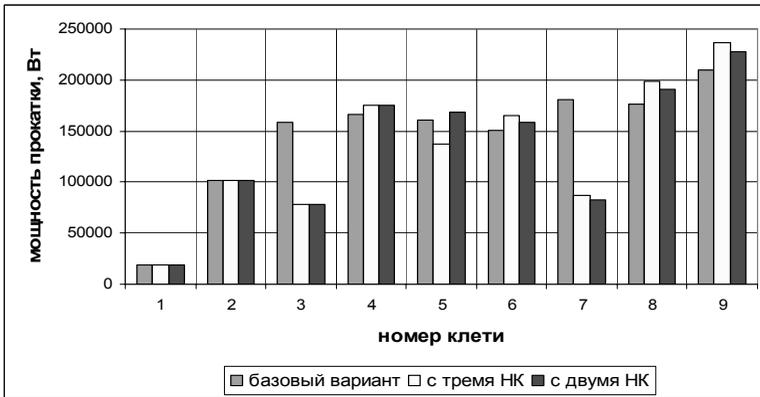


Рис.7. Изменение мощности прокатки при установке неприводных клетей в черновой и промежуточной группах мелкосортного стана 250 ($t_{загор} = 1150^{\circ}\text{C}$)

Выводы. Выполненные аналитические исследования показали, что перераспределение деформационных и кинематических параметров прокатки между приводной и неприводной рабочими клетями приводит к изменению энергосиловых параметров во всех клетях, расположенных после промежутков «ПК-НК». Это связано, в основном, с изменением напряжения текучести в клетях стана, которое, в свою очередь, зависит от температуры, степени и скорости деформации. Распределение температу-

ры прокатки по линии стана, в случае использования неприводных рабочих клетей, имеет тенденцию к понижению, причем увеличение числа НК в линии стана приводит к большему снижению температуры.

Результаты, полученные при выполнении настоящих исследований, могут быть использованы при разработке технологических схем прокатки, оптимальных по энергозатратам, в условиях конкретных непрерывных двухниточных сортовых станов.

1. *Непрерывная* прокатка сортовой стали с использованием неприводных рабочих клетей. / А.П.Лохматов, С.М.Жучков, Л.В.Кулаков и др. – Киев: Наукова думка. – 1998. – 239с.
2. *Исследование* и разработка технологии непрерывной прокатки с использованием неприводной рабочей клетки в черновой группе мелкосортно-проволочного стана / С.М.Жучков, А.П.Лохматов, П.В.Токмаков, А.И.Лещенко // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. Сб.научн.тр.ИЧМ. – Вып.12. – 2006. – С.198-203
3. *Особенности* конструкции и результаты испытаний экспериментального образца неприводной рабочей клетки мелкосортно-проволочного стана 250/150-6 / С.М.Жучков, А.П.Лохматов, Л.В.Кулаков, А.И.Лещенко // там же. – С.204-212
4. *Разработка* методики определения сопротивления, создаваемого неприводной клетью при двухниточной прокатке / Жучков С.М., Лещенко А.И., Лохматов А.П., Токмаков П.В. // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. Сб.научн.тр.ИЧМ. – Вып.14. – 2007. – С.163-168.
5. *Целиков А.И., Гришков А.И.* Теория прокатки. – М.: Металлургия, 1970.–360 с.

*Статья рекомендована к печати
докт.техн.наук С.А.Воробьем*

О.П.Лохматов, О.І.Лещенко, П.В.Токмаков

Дослідження енергосилових параметрів двохниткового сортового прокатування з використанням непривідних робочих клітей

Представлено результати аналітичних досліджень впливу деформаційних і кінематичних параметрів очагів деформації приводних і неприводних робочих клітей на зміну енергосилових параметрів безперервного двохниткового сортового прокатування. Показано, що перерозподіл деформаційних і кінематичних параметрів прокатування між приводною і неприводною робочими клітьями призводить до зміни енергосилових параметрів в усіх клітях стану.