

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

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НЕПРИВОДНЫХ РАБОЧИХ КЛЕТЕЙ НА СТАНЕ 150–1 «АМКР»

Целью настоящей работы является разработка технологии и оценка эффективности производства проката с использованием неприводных рабочих клеток в условиях черновой и первой промежуточной групп непрерывного двухниточного проволочного стана 150–1 АМКР. Разработана технология производства проката с использованием неприводных клеток в условиях непрерывного проволочного стана 150–1 предприятия «АМКР». Показано, что применение неприводных клеток позволяет уменьшить загрузку приводных клеток без изменения суммарной мощности прокатки.

проволочный стан, непрерывная двухниточная прокатка, неприводные рабочие клетки, мощность прокатки

Введение. Одним из основных направлений развития технологии производства сортового проката и катанки является разработка новых эффективных процессов прокатки, обеспечивающих, наряду с высокими качеством готового проката и производительностью станом, технологическую гибкость процесса при производстве проката широкого размерного и марочного сортамента, сокращение эксплуатационных расходов и при низких затратах на реконструкцию существующих и строительство новых станом.

Современное состояние вопроса. В настоящее время на непрерывном двухниточном проволочном стане 150–1 предприятия «АрселорМиттал Кривой Рог» (АМКР) при прокатке рядового сортамента из низкоуглеродистых сталей загрузка некоторых клеток черновой группы стана близка к предельной, а производство проката из определенных марок стали (напр. Св. 08Г2С, сталь 70 и др.) ведется в одну нитку. Это накладывает ограничения на увеличение скорости прокатки и повышение производительности стана. Кроме того, близкая к предельной загрузка приводных рабочих клеток приводит к повышенному расходу электроэнергии, ускоренному износу валков, увеличенной нагрузке на силовые элементы привода клеток и преждевременному выходу из строя основного технологического оборудования стана.

В то же время, опыт эксплуатации неприводной рабочей клетки (НК) [1], установленной в черновой группе мелкосортно–проволочного стана 250/150–6 АМКР, показал, использование НК позволяет снизить нагрузки в наиболее загруженных приводных рабочих клетях путем переноса части работы прокатки в неприводную рабочую клеть.

Изложение основного материала. Анализ технологического процесса производства проката и характеристик оборудования проволочного стана 150–1 АМКР, показал, что распределение показателя деформации

($\ln \lambda$) и относительного обжатия (ϵ) по рабочим клетям черновой и первой промежуточной групп стана, где прокатка ведется в две нитки, неравномерно. Установлено, что при прокатке катанки из низкоуглеродистых сталей расчетные значения силы прокатки в приводных рабочих клетях №№ 5, 7, 9 и 11 близки к допустимым величинам, а при производстве профилей из легированных марок стали сила прокатки может превышать допустимые значения (рис. 1).

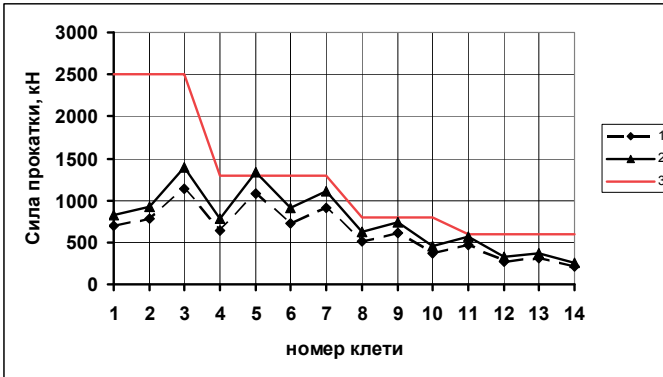


Рис. 1. Распределение силы прокатки по клетям черновой и первой промежуточной групп стана 150–1 АМКР. 1 – при прокатке стали 3сп; 2 – при прокатке стали 60С2; 3 – допустимые значения

Одним из вариантов разгрузки приводных рабочих клеток черновой и первой промежуточной групп стана является применение неприводных клеток. При этом часть деформации из загруженной приводной клетки можно осуществлять в НК, устанавливаемой после загруженной приводной рабочей клетки [1]. Однако, особенность технологического процесса производства проката на стане 150–1 АМКР такова, что при используемой на стане системе калибров «овал–круг» кантовка раската производится кантующими валками, установленными после нечетных, наиболее загруженных, приводных клеток. Следовательно, реализация предложения по переносу части деформации из наиболее загруженных приводных рабочих клеток в НК, устанавливаемые на выходной стороне наиболее загруженных приводных рабочих клеток, как на стане 250/150–6 АМКР [1], в условиях стана 150–1 невозможна. Поэтому нами рассмотрен вариант, согласно которому часть деформации из загруженной приводной клетки осуществляется в неприводной рабочей клетки, установленной перед загруженной приводной клетью.

Для условий непрерывного проволочного стана 150–1 АМКР сущность этого способа заключается в следующем. Для разгрузки приводной рабочей клетки №5, в валки которой врезаны овальные калибры, и после которой, согласно технологическому процессу прокатки, осуществляется

кантовка раската овального сечения кантующими валками, установленными в межклетьевом промежутке приводных клеток №5 и №6, установка неприводной клетки в указанном промежутке невозможна. При этом передача раската круглого сечения, выходящего из валков приводной клетки №4, в валки приводной клетки №5 осуществляется без кантовки. Таким образом, единственным местом установки НК для разгрузки приводной рабочей клетки №5 является межклетьевой промежуток между клетями №4 и №5. Раскат круглого сечения, после выхода из приводной рабочей клетки №4, задается в неприводную рабочую клетку, в горизонтально расположенные валки которой врезаны калибры, аналогичные по форме и размерам калибрам приводной клетки №5. После деформации в неприводной клетке, раскат задается в валки клетки №5, при этом задаваемый раскат имеет меньшее сечение, чем задаваемое по таблице калибровки, на величину вытяжки в НК. Естественно, что деформация раската меньшего исходного сечения приведет к снижению уровня загрузки приводной рабочей клетки №5. Энергия на деформацию раската в валках НК будет передаваться посредством подпора за счет использования резерва втягивающих сил трения в очаге деформации приводной рабочей клетки №4.

Аналогичным образом предлагается реализовать перенос части деформации из загруженных приводных рабочих клеток №№7,9,11 стана 150–1 АМКР в неприводные рабочие клетки, установленные перед указанными приводными клетями.

При разработке технологии прокатки на проволочном стане 150–1 с использованием неприводных рабочих клеток в качестве исходных данных (табл.1) для расчета температурно–деформационных и энергосиловых параметров прокатки по базовому варианту (без НК) приняты параметры прокатки круга $\varnothing 27,5$ мм (после клетки №14) из заготовки сечением 152×152 мм согласно таблицы калибровки данного стана.

Для определения технологических параметров прокатки с использованием неприводных клеток, воспользовались рекомендациями работы [2] и результатами внедрения технологии непрерывной прокатки с применением неприводных рабочих клеток в условиях мелкосортно–проволочного стана 250/150–6 АМКР [1]. В табл.2 приведены параметры прокатки круга $\varnothing 27,5$ мм в черновой и первой промежуточной группах стана 150–1 АМКР из заготовки сечением 152×152 мм с использованием неприводных рабочих клеток.

На рис.2 показано распределение показателя деформации ($\ln \lambda$) по клетям черновой и первой промежуточной групп непрерывного проволочного стана 150–1 АМКР при использовании неприводных рабочих клеток. Из представленных графиков видно, что применение неприводных клеток с их установкой перед наиболее загруженными приводными рабочими клетями №№ 5,7,9и11, позволит снизить величину показателя деформации в указанных приводных клетях черновой и первой промежуточной групп стана. Незначительное уменьшение показателя деформации

в клетях №6 и №10 объясняется влиянием дробности деформации, обусловленной применением НК, на геометрические параметры раската.

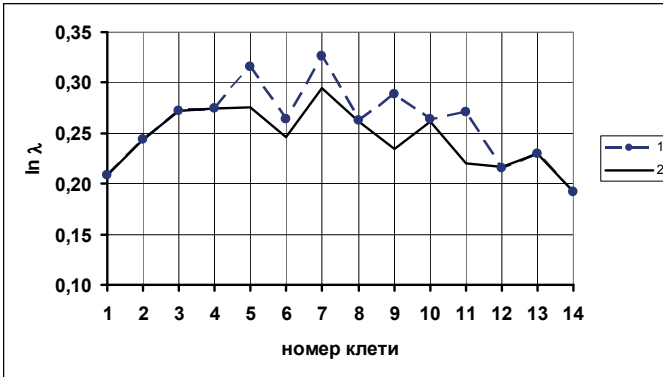


Рис.2. Распределение показателя деформации ($\ln \lambda$) по клетям черновой и первой промежуточной групп проволочного стана 150–1 АМКР. 1 – базовый вариант (без НК); 2 – вариант с НК перед ПК №5, 7, 9, 11

Для определения эффективности применения неприводных рабочих клетей на стане 150–1 АМКР были выполнены расчеты энергосиловых параметров прокатки с применением НК. Результаты этих расчетов представлены в табл.3 и на рис.3–4. Из данных, приведенных в табл.3 и на рис.3, видно, что перераспределение деформации между приводными и неприводными рабочими клетями позволит снизить силу прокатки в более нагруженных приводных клетях №№5, 7, 9, 11 проволочного стана 150–1. Снижение силы прокатки в приводных рабочих клетях составит: в клетки №5 – 9,1%, в клетки №7 – 17,9%, в клетки №9 – 26,8%, в клетки №11 – 26,4%. При прокатке с НК, площадь сечения раската на выходе из приводной рабочей клетки №14 останется без изменений и составит 593 мм^2 ; общая вытяжка в клетях черновой и первой промежуточной групп стана изменится с 37,6 (по таблице калибровки) до 37,5 (согласно расчету). Скорость прокатки в клетки №14 первой промежуточной группы стана составит 4,737 м/с против 4,740 м/с по калибровке. Суммарная мощность прокатки в клетях черновой и первой промежуточной групп стана практически не изменится. Это можно объяснить влиянием изменения температуры прокатки на напряжение текучести прокатываемого металла. Так как в очагах деформации неприводных клетей прирост температуры от деформации раската меньше температуры, передаваемой от раската к валку, то использование НК в линии стана снизит температуру раската в клетях, следующих за неприводной клетью. Таким образом, при установке четырех неприводных клетей в черновой и первой промежуточной группах стана 150, температура прокатки в приводной клетки №14 снизится на 20°C – от 1017°C до 997°C (рис.4).

Таблица 1. Исходные данные для расчета температуры – деформационных и энергосиловых параметров прокатки круга Ø27,5 мм на непрерывном проволочном стане 150–1														
№ клетки	Параметры прокатки по таблице калибровки				F _{сек} , мм ²	D _{кат} , мм	Коэф. выгрядки, λ	Расчитанные параметры прокатки					e = ln h ₀ /h ₁	
	D _{вал} , мм	V _{пр} , м/с	n _{пр} , мин ⁻¹	h _{гориз} , мм				b ₀ , мм	h _{гориз} , мм	b ₁ , мм	Δ h _{гориз} , мм	ε = Δ h/h ₀		
заготовка		152x152		22360										
1		670	0,155	408	18157	599	1,232	147,1	152	110,7	164	36,4	0,247	0,284
2		670	0,198	521,6	14240	598,3	1,276	157,9	115	109,5	130	48,4	0,306	0,366
3		670	0,260	400	10840	620	1,313	109,5	130	75,3	144	34,2	0,312	0,374
4		490	0,342	317	8240	426	1,316	130,6	83	85,8	96	44,8	0,343	0,420
5		490	0,469	398	6010	450	1,371	85,8	96	51,8	116	34	0,396	0,505
6		490	0,610	528	4620	441	1,302	92,5	65	59,2	78	33,3	0,360	0,446
7		490	0,846	487,2	3330	463	1,387	59,2	78	36,2	92	23	0,389	0,492
8		390	1,100	474	2560	354	1,300	70,8	47	44,9	57	25,9	0,366	0,455
9		390	1,469	608,6	1920	370	1,335	44,9	57	28,2	68	16,7	0,372	0,465
10		390	1,912	502,3	1476	364	1,302	53,3	36	33,5	44	19,8	0,371	0,464
11		340	2,509	548,4	1126	324	1,312	33,5	44	21,6	52	11,9	0,355	0,439
12		340	3,111	587,8	907	319	1,240	40,2	28	26,7	34	13,5	0,336	0,409
13		340	3,914	570,6	720	328	1,258	26,7	34	17,6	41	9,1	0,341	0,417
14		340	4,740	561,4	593	323	1,211	32,7	22	21,6	27,5	11,1	0,339	0,415
I промежуточная группа														
черновая группа														

* сечение заготовки и раската, выходящего из кл. №14, приняты по калибровке, тогда V_{сек}=V₁₄F₁₄=const.

Таблица 2 – Исходные данные для расчета температурно-деформационных и энергосиловых параметров прокатки круга Ø27,5 мм на непрерывном проволочном стане 150–1 с использованием неприводных рабочих клеток														
№ клетки	Параметры прокатки по таблице калибровки			F сек, мм ²	D клг, мм	Коэф. вытяжки, λ	приведенная полоса							
	D вал, мм	V пр, м/с	Пав, мин ⁻¹				h _{прив} , мм	b ₀ , мм	h _{прив} , мм	b ₁ , мм	Δ h _{прив} , мм	ε = Δ h/h ₀	e = ln h ₀ /h ₁	
заготовка		152x152			22360									
Черновая группа	1	670	0,155	408	18157	599	1,232	147,1	152	110,7	164	36,4	0,247	0,284
	2	670	0,198	521,6	14240	598,3	1,276	157,9	115	109,5	130	48,4	0,306	0,366
	3	670	0,260	400	10840	620	1,313	109,5	130	75,3	144	34,2	0,312	0,374
	4	490	0,342	317	8240	426	1,316	130,6	83	85,8	96,3	44,8	0,343	0,420
	5	490	0,477	403	5900	450	1,317	80	97,2	51,4	114,8	28,6	0,359	0,442
	6	490	0,611	528,7	4610	441	1,280	90,8	65	59,2	77,9	31,6	0,348	0,428
	7	490	0,847	488	3330	463	1,343	56,6	79	38,6	86,2	18	0,318	0,382
	8	390	1,100	474	2564	354	1,299	68,5	48,6	44,9	57,1	23,6	0,345	0,422
	9	390	1,468	608	1919	370	1,264	41,8	58,1	30,2	63,6	11,6	0,278	0,325
	10	390	1,907	499,3	1477	364	1,299	51,6	37,2	33,5	44,1	18,1	0,351	0,432
	11	340	2,504	548	1127	324	1,244	31,1	45,1	23,1	48,7	8,9	0,257	0,297
	12	340	3,109	587	908	319	1,240	39	28,9	26,7	34	12,3	0,315	0,379
	13	340	3,912	570,2	720	328	1,258	26,7	34	17,6	41	9,1	0,341	0,417
	14	340	4,737	561	593	323	1,211	32,7	22	21,6	27,5	11,1	0,339	0,415

* сечение заготовки и раската, выходящего из кл. №14, приняты по калибровке, тогда $V_{сек} = V_{14} F_{14} = const.$

Таблица 3. Энергосиловые параметры непрерывной двухниточной прокатки с использованием неприводных клеток при прокатке круга Ø27,5 мм из заготовки 152x152 мм (Ст 3сп) на непрерывном проволочном стане 150–1

Параметры прокатки с установкой НК ($t_{загот}=1200^{\circ}\text{C}$)						
№ клетки	Сила прокатки, кН		Момент прокатки, кН×м		Мощность прокатки, кВт	
	без НК	с НК	без НК	с НК	без НК	с НК
1	700	700	56	56	46,7	46,7
2	775	775	68,5	68,5	66,5	66,5
3	1139	1139	87	87	87,6	87,6
4	643	709	44,7	49,4	105,4	136,5
5	1080	982	65,5	56,6	144,5	110,2
6	725	759	44,2	45,6	125,6	148,5
7	903	741	46,7	35,8	177,7	167,8
8	505	537	24,3	25,1	149,2	181
9	608	445	24,3	15,8	184,7	136,6
10	415	411	17,7	17,1	171,3	200,6
11	417	307	13,3	8,6	187,6	140,8
12	269	272	9,1	9	145,5	153,8
13	314	334	8,9	9,5	158,5	168,6
14	220	229	6,8	7,1	135,2	141
Суммарная мощность	–	–	–	–	1886	1886
Отношение $N_{НК}/N_{баз.}$	–	–	–	–	–	1,00

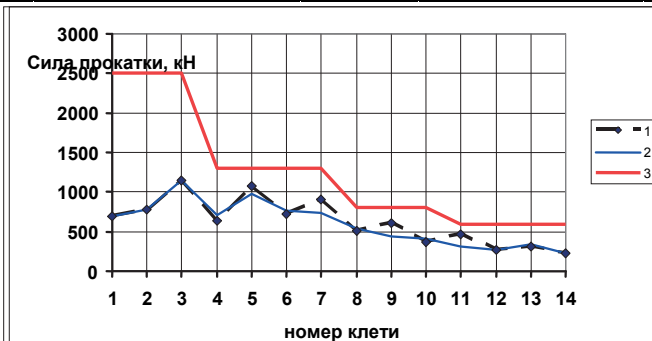


Рис.3. Распределение силы прокатки по клетям черновой и первой промежуточной групп стана 150–1 АМКР (Ст 3сп). 1 – базовый вариант (без НК); 2 – вариант с НК перед ПК №№5, 7, 9, 11; 3 – допустимые значения

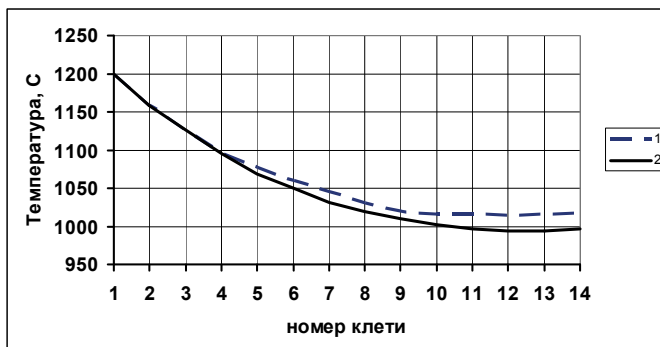


Рис.4. Распределение температуры прокатки по клетям черновой и первой промежуточной групп стана 150–1 АМКР. 1 – базовый вариант (без НК); 2 – вариант с НК

Соответственно, снижение температуры раската на входе в очаг деформации рабочих клеток приведет к повышению значений напряжения текучести деформируемого металла и к увеличению мощности, затрачиваемой на прокатку.

Выводы. Выполнен анализ технологического процесса производства проката и компоновки основного технологического оборудования черновой и первой промежуточной групп непрерывного двухниточного проволочного стана 150–1 предприятия «АМКР» с целью разработки технологии производства проката с использованием неприводных рабочих клеток. На основании проведенного анализа, предложен вариант разгрузки наиболее загруженных приводных рабочих клеток №№ 5,7,9 и 11 за счет установки неприводных рабочих клеток перед указанными клетями.

Расчеты энергосиловых параметров прокатки с применением неприводных рабочих клеток в черновой и первой промежуточной группах стана 150–1 показали, что перераспределение деформации между приводными и неприводными клетями позволит уменьшить загрузку приводных рабочих клеток №5,7,9 и 11. Суммарная мощность прокатки в клетях черновой и первой промежуточной групп стана при этом практически не изменится, что объясняется влиянием изменения температуры прокатки на напряжение текучести прокатываемого металла за счет увеличения количества очагов деформации.

1. *Разработка* и исследование технологии непрерывной прокатки с применением неприводных деформирующих устройств в условиях мелкосортно-проволочного стана 250/150–6 комбината «Криворожсталь» (закл.)/ Институт черной металлургии НАН Украины; рук. Кулаков Л.В.; исполн.: Кулаков Л.В. [и др.]. – Днепропетровск, 2005. – 143 с. – Библиогр.: с.46. – № ГР 0103U007220.

2. *Непрерывная* прокатка сортовой стали с использованием неприводных рабочих клетей / А.П.Лохматов, С.М.Жучков, Л.В.Кулаков и др. – К.: Наукова думка, 1998. – 239с.

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

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

Розробка технології та ефективність застосування непривідних робочих клітей на стані 150-1 «АМКР»

Метою роботи є розроблення технології та оцінювання ефективності виробництва прокату з використанням непривідних робочих клітей в умовах чорнової і першої проміжної груп безперервного двохниткового дрогового стану 150–1 АМКР. Розроблено технологію виробництва прокату з використанням непривідних клітей в умовах безперервного дротяного стану 150–1 підприємства «АМКР». Показано, що застосування непривідних клітей дозволяє зменшити завантаження привідних клітей без зміни сумарної потужності прокатки.