



The investigations of energy-power, temperature-high-speed and deformational parameters of rolling of reinforcing profile No 10 using the process of MPR with division into four strings at production of the reinforce rolled metal on the mill 320 PUKP "BMZ" are carried out.

С. М. ЖУЧКОВ, ИЧМ НАН Украины,  
В. А. МАТОЧКИН, Д. Н. АНДРИАНОВ, О. М. КИРИЛЕНКО,  
Н. И. АНЕЛЬКИН, РУП «БМЗ»,  
П. В. ТОКМАКОВ, Д. С. ЧЕРНЕНКО, ИЧМ НАН Украины

УДК 621.771.2.:669.14.018.291.3.001.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ-РАЗДЕЛЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АРМАТУРНЫХ ПРОФИЛЕЙ НА СТАНЕ 320 РУП «БМЗ»

Двадцатиклетьевого непрерывный мелкосортный стан 320 РУП «БМЗ» состоит из трех групп клеток: черновой, включающей четыре горизонтальные клетки 560 и четыре горизонтальные клетки 450, промежуточной группы, включающей шесть горизонтальных клеток 335, а также чис-

товую группу, в состав которой входят одна вертикальная, одна комбинированная и четыре горизонтальные клетки 280.

Схема расположения основного технологического оборудования стана 320 показана на рис. 1.

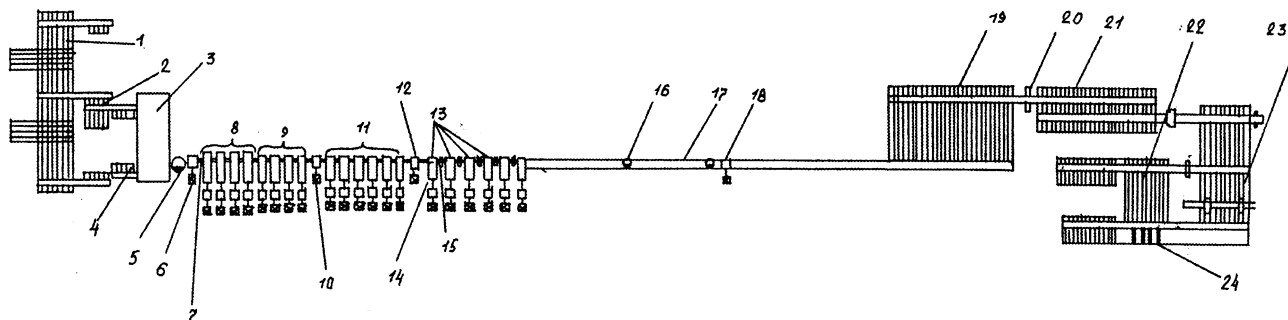


Рис. 1. Схема расположения основного технологического оборудования стана 320 РУП «БМЗ»: 1 – загрузочная решетка; 2 – устройство для загрузки заготовок; 3 – нагревательная печь; 4 – устройство выдачи заготовок (разгрузочный рольганг); 5 – трайб-аппарат; 6 – маятниковые ножницы; 7 – устройство для удаления окалины; 8, 9 – черновая группа клеток; 10, 12, 18 – ротационные ножницы; 11 – промежуточная группа клеток; 13 – горизонтальные клетки чистовой группы; 14 – вертикальные клетки чистовой группы; 15 – комбинированные петлерегуляторы; 16 – трайб-аппараты; 17 – устройство для охлаждения проката с рольгангом; 19 – холодильник; 20 – правильная машина; 21 – цепное переключательное устройство с накопителем; 22 – участок пакетирования фасонного проката; 23 – участок пакетирования пруткового проката; 24 – вязальные машины

Профили для армирования железобетонных конструкций на стане 320 прокатываются из непрерывнолитой заготовки размером 125x125x11800 мм, стали марок 25Г2С, 20ГС, 30Г2, Ст 5сп и др. Заготовки нагревают перед прокаткой в семизонной печи с шагающими балками и подом до температуры 1160–1190 °С.

РУП «БМЗ» является пионером среди металлургических предприятий стран СНГ в освоении

процесса многоручьевого прокатки-разделения (МНР) в потоке стана с использованием неприводных деформационно-делительных устройств (НДДУ). Со времени ввода прокатного производства в эксплуатацию специалистами завода совместно с сотрудниками ИЧМ им. З.И.Некрасова НАН Украины осуществлялось постоянное усовершенствование этого процесса и средств для его реализации – делительных устройств. В настоящее

время на заводе освоено несколько технологических схем реализации этого процесса на непрерывном мелкосортном стане 320 при производстве арматурного проката:

- арматурные профили № 10–12 прокатываются с использованием процесса МПР с разделением на четыре нитки;
- арматурный профиль № 14 прокатывается с использованием процесса МПР с разделением на три нитки;
- арматурный профиль № 16 прокатывается с использованием процесса МПР с разделением на две нитки;
- арматурные профили № 20–32 прокатываются в одну нитку.

Технический прогресс в развитии процесса МПР при производстве арматурных профилей на стане можно охарактеризовать следующими этапами:

- 1) совершенствование технологии прокатки арматурных профилей №10–14, а также средств для реализации процесса прокатки–разделения неприводных делительных устройств (НДУ);
- 2) повышение эффективности технологии прокатки–разделения (процесс двухниточной МПР) при производстве арматурных профилей малых сечений;
- 3) разработка новой концепции средств для продольного разделения раската – неприводных деформационно-делительных устройств (НДДУ);
- 4) разработка и освоение технологий основанных на процессе МПР с использованием НДДУ на три и четыре нитки.

Исследования параметров прокатки, изучение работы основного и вспомогательного оборудования, анализ калибровок валков, выполненные коллективами исследователей ИЧМ НАН Украины и РУП «БМЗ», позволили выявить ряд недостатков проектных технологий [4, 5], сформулировать и реализовать предложения по их усовершенствованию.

Было показано, что применение в черновой группе стана системы вытяжных калибров ромб-квадрат способствует неравномерному охлаждению раската по сечению, образованию острых кромок на раскате. При переполнении калибров это приводило к образованию закатов на поверхности раската. Интенсивный износ калибров и повышенный расход валков свидетельствовали о целесообразности доработки проектных калибровок, а по существу, разработки новой калибровки валков черновой группы стана с использованием калибров системы «овал-ребровой овал», широко применяемой на современных станах [6]. С этой целью были проведены работы по совершенствованию калибровок валков и расширению их технологических возможностей. Основной задачей было повышение универсальности системы калибров черновой группы клетей для снижения

числа перевалок, расширения диапазона регулирования зазора между валками и обеспечения возможности унификации калибров. Анализ усовершенствованных калибровок валков для прокатки арматуры показал, что унифицированная система калибров обеспечивает формоизменение металла без образования закатов и других поверхностных дефектов [7].

Прокатка арматурных профилей малых сечений по проекту осуществлялась с использованием процесса МПР с разделением на две нитки (слиттинг-процесс). Освоению этой технологии сопутствовал комплекс исследований, выполненных специалистами БМЗ и ИЧМ [8, 9], позволивших не только улучшить технологию МПР, но и достичь прогресса в создании средств для ее реализации [10].

Установлено, что при прокатке арматурных профилей по технологии МПР с разделением на две нитки имеет место высокая вероятность возникновения аварийных ситуаций в промежутках между клетями №14–15 и 15–16, вызываемых застреванием переднего конца раската в валках клетей из-за неудовлетворительной кантовки раската. Это было обусловлено износом кантующих роликов в процессе эксплуатации, изменением температуры прокатываемого металла и геометрических параметров раската. Для стабилизации кантовки раската были внесены коренные изменения в конструкцию калибров валков и кантующей арматуры [11, 12].

При дальнейшем развитии технологии прокатки арматурных профилей с применением процесса МПР большое внимание уделялось решению вопросов подготовки раската к разделению, его кантовки, собственно разделению и стабилизации в межклетевых промежутках, т.е. решению вопросов, связанных с повышением надежности работы одного из основных участков стана, сбой в работе которого неизбежно приводят к потере производительности.

При непрерывной прокатке, когда расстояния между клетями известны, техническая задача состояла в том, чтобы определить момент скручивания раската на требуемый угол кантовки, а затем рассчитать необходимый режим деформации и форму ромбического и квадратного калибров, обеспечивающих создание такого момента. В результате этих исследований была разработана оригинальная технология прокатки с самокантовкой раската после выхода из кантующего калибра [13, 14]. Это позволило исключить дорогостоящую кантующую привалковую арматуру. Использование результатов исследований и реализации этой разработки, созданной на уровне изобретения [15], на стане 320 позволили:

- стабилизировать процесс задачи в следующую клеть переднего конца раската после кантовки за счет обеспечения требуемого угла скручи-

вания при кантовке ромба на  $90^\circ$  в промежутке между клетями № 14 и 15 и квадрата на  $45^\circ$  в промежутке клетей № 15 и 16;

- повысить точность готового профиля;
- увеличить выход годного проката за счет сокращения количества застреваний («бурежек»).

Разработанная технология в настоящее время эффективно используется при прокатке арматурного профиля № 16 с применением процесса МПР с разделением раската в потоке стана на две нитки.

Калибровки валков, реализующие процесс МПР с НДДУ, с разделением на четыре нитки, которые в настоящее время используются на стане 320 при производстве арматурных профилей №10 и 12, предусматривают использование для редуцирования раската системы вытяжных калибров «овал-круг», подготовительных калибров для последующего формирования раската со специальной формой сечения под продольное разделение в потоке стана и традиционных предчистовых овалов и чистовых калибров, формирующих арматурный профиль. Особенностью используемой на стане калибровки валков является широкое применение валков с гладкой бочкой в процессе формирования раската со специальной формой сечения под продольное разделение в потоке стана. В применяемой на стане системе калибров для прокатки арматурных профилей №10 и 12 за десять проходов в системе калибров «овал-круг» из заготовки квадратного сечения размерами 125x125 мм получают раскат круглого сечения 38 мм (при прокатке №10) и 40 мм (при прокатке № 12). Полученные раскаты круглого сечения затем прокатывают в валках с гладкой бочкой в клетях №11 и 12 до получения раската прямоугольного сечения размерами 14x53 и 18x56,5мм соответственно для клетей № 10 и 12. В клетки № 14 осуществляют контроль ширины скантованного раската, т.е. кромки полосы деформируются с небольшим обжатием. После этого в клетях № 14, 16 и 18 за три прохода раскат подготавливается к разделению на четыре раската. Причем в клетях № 16 и 18 происходит формирование перемычки толщиной около 0,5 мм, что обеспечивает отсутствие дефектов поверхности после деления раската на четыре части за клетью № 18 в НДДУ и последующей прокатки разделенных круглых частей раската в овальном калибре клетки № 19. Калибры валков чистовой клетки №20 выполнены таким образом, чтобы центральные профили прокатывались с большим обжатием. В результате этого крайние части раскатов прокатываются с меньшим натяжением, что способствует более точному выполнению готового профиля.

Для оценки загрузки линий главных приводов клетей стана были выполнены расчетно-аналитические исследования режимов деформации, технологических и энергосиловых парамет-

ров прокатки арматурных профилей по действующим технологиям прокатки-разделения. Исследования выполняли с помощью компьютерного средства Calc, разработанного в отделе физико-технических проблем процессов прокатки сортового и специального проката ИЧМ. Компьютерная программа, основанная на аналитической математической модели процесса непрерывной сортовой прокатки, реализована в среде Borland BuilderC++ и была адаптирована для условий непрерывного мелкосортного стана 320. Результаты расчетно-аналитических исследований процесса прокатки профиля № 10 с использованием процесса МПР с разделением раската в потоке стана на четыре нитки приведены табл. 1, 2 и на рис. 2, 3.

В процессе проведения исследований был принят стандартный нагрев заготовок размерами сечения 120x120 мм из стали марки 25Г2С в методической нагревательной печи стана с температурой поверхности металла на входе в стан  $1050^\circ\text{C}$ . Здесь следует отметить, что температура нагрева металла под прокатку была принята из соображений возможности реализации энергосберегающей технологии прокатки с пониженными температурами нагрева.

Анализ результатов исследований показал, что характер изменения энергосиловых, температурно-скоростных и деформационных параметров прокатки арматурного профиля № 10 с использованием процесса МПР с разделением на четыре нитки качественно соответствует режиму обжатий металла, определяемого параметрами принятой на стане калибровки валков. Это является дополнительным свидетельством адекватности, разработанной в ИЧМ компьютерной программы расчета параметров непрерывной сортовой прокатки.

В первых четырех клетях стана происходит снижение температуры прокатки, обусловленное интенсивными потерями тепла нагретым металлом вследствие лучевого и конвективного теплообмена с окружающей средой и контактного теплообмена с элементами технологического оборудования стана. Следствием этого является рост сопротивления металла деформации. Повышение интенсивности обжатий в конце черновой группы стана (клетки №5–8) приводит к увеличению температуры прокатки на этом участке стана в результате интенсификации деформационного разогрева раската в процессе прокатки, являющимся следствием высокой степени деформации. Снижение температуры раската в начале промежуточной группы клетей (клетки №9–10) обусловлено длинным межклетьевым промежутком между группами клетей и низкой степенью деформации металла в клетки №9. Малые обжатия даже при пониженной температуре прокатки в этой клетке сопровождаются соответствующим снижением сопротивления металла деформации. Рост интен-

Таблица 1. Режим обжатий по клетям мелкосортного стана 320 РУП «БМЗ» при прокатке арматурного профиля № 10 методом МПР с разделением на четыре нитки. Сталь 25Г2С. Температура заготовки на входе в стан 1050 °С

Номер клетки (форма калибра)	Размеры полосы, мм по калибровке										Зазор, мм	Катающий диаметр валков $D_{кат}$ , мм	Угол захвата, град	Скорость прокатки $V_{пр}$ , м/с	
	высота		ширина		абсолютное обжатие $\Delta h$ , мм	отно- ситель- ное обжатие $\Delta h / h_0$	уши- рение $\Delta b$ , мм	площадь попереч- ного сечения $F_{сеч}$ , мм <sup>2</sup>	коэф- фици- ент вытяж- ки	диаметр валков по бочке $D_b$					
	нача- льная $h_0$ , мм	ко- неч- ная $h_1$ , мм	нача- льная $b_0$ , мм	ко- неч- ная $b_1$ , мм											
Черновая группа	1 (овал)	125,0	87,0	125,0	144,0	38,0	0,304	19,0	11210	1,404	560	15	497	22,4	0,435
	2 (круг)	144,0	103,0	87,0	102,0	41,0	0,285	15,0	8435	1,329	560	9	486	23,5	0,578
	3 (овал)	102,0	67,8	103,0	121,0	35,2	0,342	19,0	6710	1,257	560	10,5	515	21,2	0,727
	4 (круг)	121,0	83,0	67,8	82,5	38,0	0,314	14,7	5410	1,240	560	7,5	502	22,3	0,902
	5 (овал)	82,5	49,2	83,0	100,0	33,8	0,407	17,5	4025	1,344	405	9	374	24,4	1,212
	6 (круг)	100,0	62,0	49,2	62,0	38,0	0,380	12,8	3019	1,333	405	8	364	26,2	1,616
	7 (овал)	62,0	34,5	62,0	78,8	27,5	0,444	16,8	2210	1,366	405	8	385	21,7	2,208
	8 (круг)	78,8	46,0	34,5	46,0	32,8	0,416	11,5	1662	1,330	405	6	375	24,0	2,936
Промежуточная группа	9 (овал)	46,0	31,8	46,0	54,5	14,2	0,309	8,5	1505	1,104	335	13,7	321	17,0	3,242
	10 (круг)	54,5	38,5	31,8	38,0	16,0	0,294	6,2	1160	1,297	335	5	309	18,4	4,206
	11 (гл. бочка)	38,5	19,0	38,0	50,0	19,5	0,506	12,0	930	1,247	335	19	335	19,6	5,247
	12 (гл. бочка)	19,0	14,0	50,0	53,0	5,0	0,263	3,0	735	1,265	335	14	335	9,9	6,639
	13 (контроль- ный)	53,0	48,0	14,0	15,0	5,0	0,094	1,0	705	1,043	335	20	308	10,3	6,921
	14 (подгот.)	15,0	14,0	48,0	49,0	1,0	0,067	1,0	590	1,195	335	3	326	4,5	8,270
Чистовая группа	16 (подгот.)	14,0	13,2	49,0	51,0	0,8	0,057	2,0	509	1,159	325	3	318	4,1	9,586
	18 (подгот.)	13,2	12,3	51,0	55,0	0,9	0,068	4,0	472	1,078	325	1,5	318	4,3	10,338
	19 (овал)	12,3	7,5	13,4	17,0	4,8	0,390	4,7	424	1,113	325	2,5	303	10,2	11,508
	20 (круг)	17,0	10,0	7,5	10,0	7,0	0,412	2,5	324	1,309	325	1,5	294	12,5	15,060

сивности деформации в последующих клетях промежуточной группы сопровождается повышением температуры прокатки в клетях №11 и 12 вследствие деформационного разогрева металла. Однако, несмотря на это, сопротивление металла деформации здесь увеличивается. При прокатке в последующих клетях стана температура металла монотонно падает. Вместе с тем, характер изменения сопротивления металла деформации, в большей мере зависящий от интенсивности деформации, соответствует характеру изменения коэффициентов вытяжки металла.

Характер изменения энергосиловых параметров адекватен характеру изменения технологических (температурно-скоростных) и деформационных параметров прокатки. При прокатке раската в овальных калибрах нечетных клетей черновой группы стана давление, сила, момент и мощность несколько выше, чем при прокатке в круглых калибрах, врезанных в валки четных клетей. При этом давление прокатки увеличивается по ходу

технологического процесса в связи со снижением температуры металла и повышением скорости прокатки, а сила и момент прокатки снижаются из-за уменьшения сечения раската. Наиболее высокие затраты мощности приходятся на рабочие клетки конца черновой – начала промежуточной групп. Это связано с одновременным взаимным влиянием двух факторов – скорости и температуры прокатки.

Наиболее загруженные клетки при реализации энергосберегающего температурно-скоростного режима – по силе прокатки нечетные клетки черновой группы №1, 3, 5, 7, в валки которых врезаны овальные калибры, а также клеть №11 промежуточной группы с гладкой бочкой валков и клеть №19 чистовой группы с овальными калибрами для прокатки в четыре нитки. На предельных нагрузках работают клетки черновой группы №5 с овальным калибром – по моменту прокатки и № 7 – по мощности прокатки.

Таблица 2. Энергосиловые параметры в клетях мелкосортного стана 320 РУП «БМЗ» при прокатке арматурного профиля № 10 методом МПР с разделением на четыре нитки. Сталь 25Г2С. Температура заготовки на входе в стан 1050 °С. Скорость прокатки  $V_{пр} = 15$  м/с (расчетные величины)

Номер клетки	Среднее сопротивление металла деформации $\sigma_{ср}$ , МПа	Среднее давление прокатки $p_{ср}$ , МПа	Сила прокатки, кН*			Момент прокатки, кН·м			Мощность прокатки, кВт			
			по действующей технологии	рекомендуемое	$P_{кал} / P_{рек}$	по действующей технологии	максимально допустимый	$M_{кал} / M_{мак}$	по действующей технологии	установленная	$N_{кал} / N_{уст}$	
Черновая группа	1	84,90	117,51	1536,06	1450	1,06	110,1	151,0	0,73	187,84	540	0,35
	2	88,46	111,87	1055,54	1450	0,73	78,6	151,0	0,52	182,79	540	0,34
	3	95,66	136,87	1452,97	1450	1,00	100,0	151,0	0,66	272,48	540	0,50
	4	98,41	122,79	901,10	1450	0,62	64,6	151,0	0,43	225,50	540	0,42
	5	112,09	171,92	1246,78	850	1,47	67,7	72,0	0,94	423,75	540	0,78
	6	115,18	151,50	700,80	850	0,82	40,5	72,0	0,56	349,44	540	0,65
	7	124,06	199,67	1022,70	850	1,20	50,0	72,0	0,69	543,55	540	1,01
	8	125,51	157,53	497,15	850	0,58	26,5	72,0	0,37	399,16	540	0,74
Промежуточная группа	9	117,09	161,73	388,02	629	0,62	13,8	37,5	0,37	267,88	540	0,50
	10	126,43	149,07	258,87	629	0,41	9,7	37,5	0,26	253,59	540	0,47
	11	139,56	244,24	614,17	629	0,98	22,6	37,5	0,60	655,20	900	0,73
	12	128,23	212,52	316,74	629	0,50	7,2	37,5	0,19	269,02	900	0,30
	13	90,08	62,50	25,15	629	0,04	0,6	37,5	0,02	25,83	900	0,03
	14	107,05	146,34	90,61	629	0,14	1,0	37,5	0,03	49,10	900	0,05
Чистовая группа	16	112,44	153,35	86,48	591	0,15	0,8	37,5	0,02	49,44	900	0,05
	18	114,13	160,71	101,88	591	0,17	1,0	37,5	0,03	66,24	900	0,07
	19	173,63	237,03	374,29	478	0,78	7,4	37,5	0,20	513,60	900	0,57
	20	185,07	49,89	56,02	591	0,09	1,3	37,5	0,03	120,84	900	0,13

\* Рекомендуемые значения усилий прокатки приняты по паспортным данным клетей стана с учетом физического износа оборудования линий привода рабочих клетей.

Анализ показывает, что для более равномерной загрузки рабочих клетей стана при прокатке, особенно при реализации энергосберегающих технологий, необходимо скорректировать режимы обжатий металла по клетям стана с целью предупреждения возникновения высоких значений силы, момента и мощности прокатки, близких к предельно допустимым значениям.

### Выводы

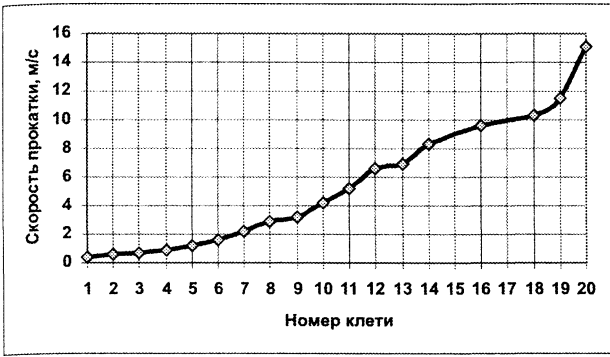
1. Выполнены исследования энергосиловых, температурно-скоростных и деформационных параметров прокатки арматурного профиля № 10 с использованием процесса МПР с разделением на четыре нитки при производстве арматурного проката на стане 320 РУП «БМЗ».

2. Показано, что характер изменения энергосиловых параметров прокатки качественно соответствует режиму обжатий металла, определяемого параметрами принятой на стане калибровки валков.

3. Показано, что для реализации энергосберегающих технологий необходимо скорректировать режимы обжатий металла по клетям стана с целью повышения равномерности их загрузки по силе, моменту и мощности прокатки.

### Литература

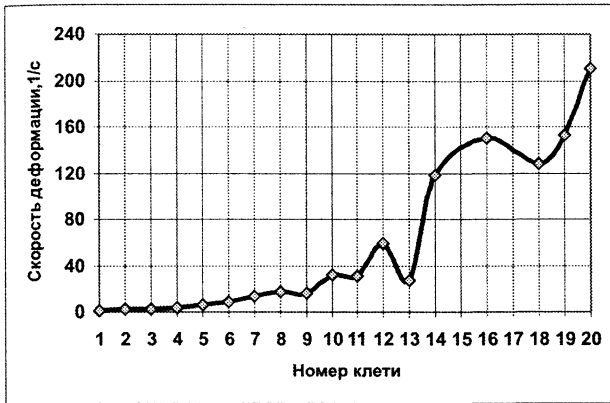
1. Задачи разработки ресурсосберегающей технологии производства арматурного проката / А.В. Ноговицын, В.А. Нечипоренко, С.М. Жучков и др. Теория и практика металлургии. 1999. № 3. С. 18–211.
2. Никитина Л.А. Молдавский металлургический завод: от технического переоснащения к конкурентоспособной продукции // Металлург. 1996. № 8. С. 2–8.
3. Прокатка–разделение. Два подхода к реализации процесса / С.М. Жучков, А.П. Лохматов, Л.В. Кулаков, Э.В. Сивак // Новости черной металлургии России и зарубежных стран. Ч. II. Черная металлургия: Бюл. АО «Черметинформация». 1998. № 5–6. С. 14–20.
4. Технология прокатки арматурной стали с продольным разделением раската в потоке непрерывного мелкосортного стана / С.М. Жучков, Л.В. Кулаков, Э.В. Сивак и др. // Черная металлургия. Наука. Производство. М.: Металлургия. 1989. С. 191–197.
5. Освоение технологии прокатки–разделения арматурной стали на непрерывном мелкосортно-проволочном стане 320/150 / А.П. Лохматов, С.М. Жучков, Л.В. Кулаков и др. // Черная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация», 1989. Вып. 1. С. 66–68.
6. Ioneoka H. New slit-rolling technology for steel bare // Seaisi quarterli. 1995. Vol. 14. N. 4. P. 50–61, 66, 67.
7. А.с. 1441550 СССР: МКИ В21В 1/02. Устройство для продольного разделения раската.
8. Пат. 1703210 СССР: МКИ В21В 1/02. Кассета для продольного разделения горячего раската.
9. Пат. 437 РБ: МКИ В21В 1/02. Кассета для продольного разделения горячего раската.



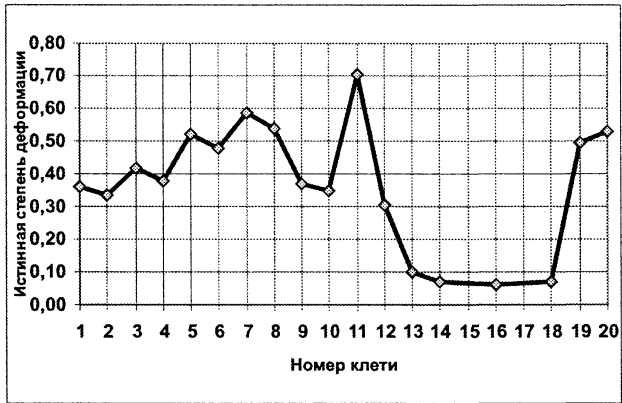
а



б



в



г



д

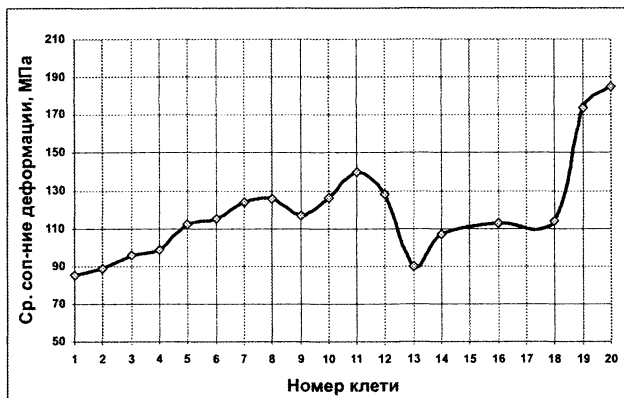
Рис. 2. Изменение технологических параметров по клетям стана 320 при прокатке арматурного профиля № 10 ( $V_{пр} = 15$  м/с) способом МПР на четыре нитки: а – скорости прокатки; б – температуры прокатки (на выходе из клетки); в – скорости деформации; г – степени деформации; д – коэффициента вытяжки

10. Непрерывный мелкосортно-проволочный стан 320/150 Белорусского металлургического завода / А.П. Лохматов, С.М. Жучков, В.А. Токмаков и др. // Сталь. 1987. № 7. С. 41–46.

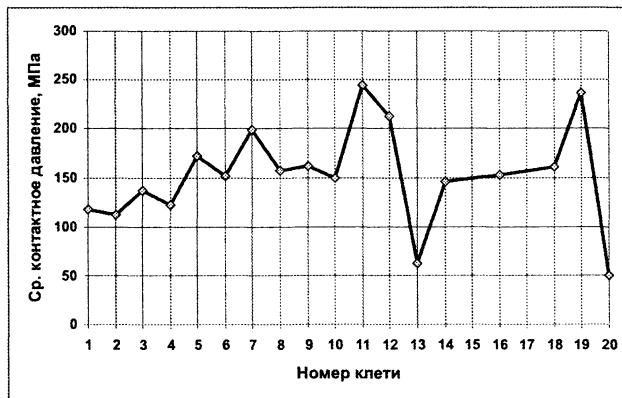
11. Особенности калибровки валков и технологии прокатки профилей пускового сортамента мелкосортно-проволочного стана БМЗ / С.М.Жучков, В.А.Токмаков, О.Е. Петляков и др. // Черметинформация. 1988. № 10.

12. Калибровка валков и особенности технологии прокатки сортовых профилей на стане 320/150 БМЗ / С.М.Жучков, Л.В. Кулаков, Э.В. Сивак и др. // Черная металлургия. Бюл. ин-та "Черметинформация". 1989. № 8. С. 58–61.

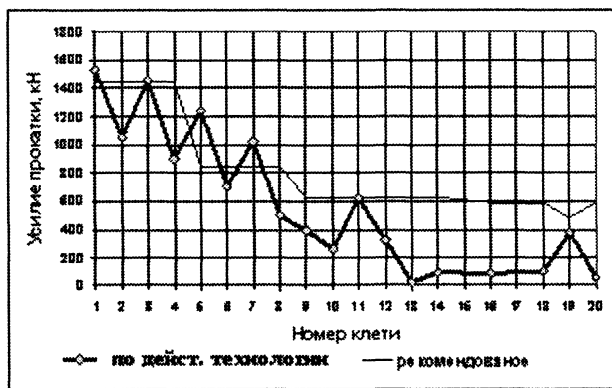
13. Совершенствование калибровок валков и оценка загрузки линий главных приводов на непрерывном мелкосортно – проволочном стане 320/150 БМЗ. / С.М.Жучков, Е.Я. Подковырин, В.А. Токмаков и др. // Черная металлургия. Бюл. ин-та "Черметинформация". 1991. Вып. 3.



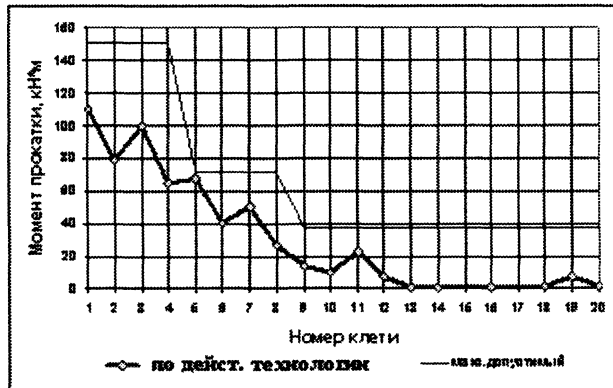
а



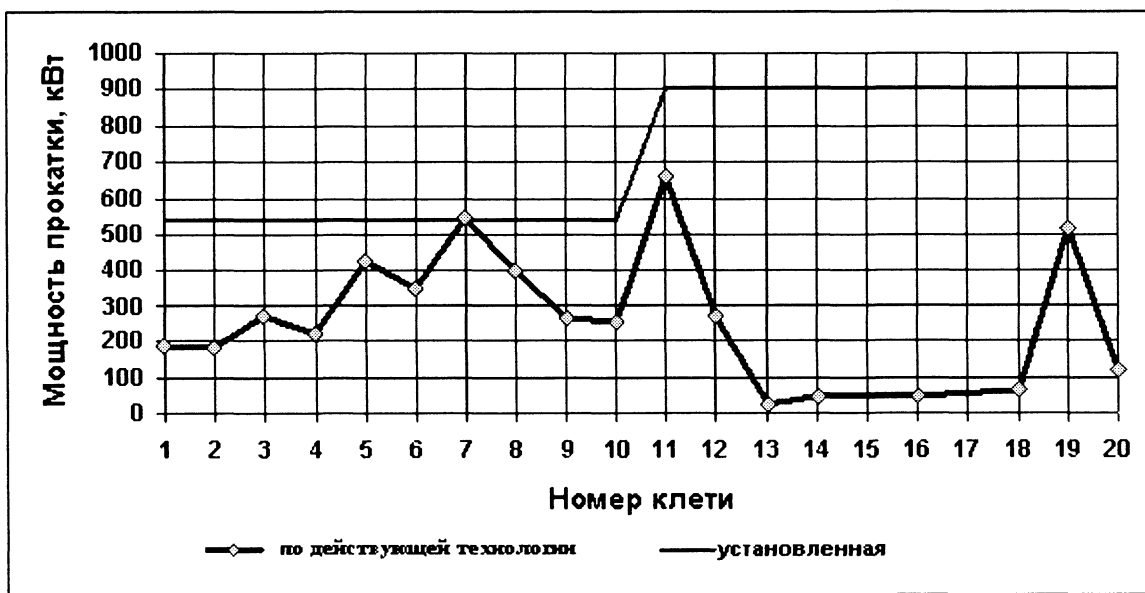
б



в



г



д

Рис. 3. Изменение энергосиловых параметров по клетям стана 320 при прокатке арматурного профиля № 10 ( $V_{пр}=15$  м/с) способом МПР на четыре нитки: а – среднего сопротивления деформации; б – среднего контактного давления; в – усилия прокатки; г – момента прокатки; д – мощности прокатки

14. Освоение технологии прокатки-разделения арматурной стали на непрерывном мелкосортно-проволочном стане 320/150 / А.П. Лохматов, С.М.Жучков, Л.В. Кулаков и др. // Черная металлургия. Бюл. ин-та "Черметинформация". 1989. № 1. С. 66–68.

15. Технология прокатки арматурной стали с продольным разделением раската в потоке стана на непрерывном мелкосортно – проволочном стане 320/150 БМЗ / С.М.Жучков, Л.В. Кулаков, Э.В. Сивак и др. // Сб. науч. тр. "Черная металлургия. Наука. Технология. Производство." 1989. С. 191–197.