

Используемая калибровка швеллера № 20 не предусматривает обжатия раската вертикальными валками в клети 5В. Поэтому передача металла от клети 4Г к 6Г происходит по желобу. Прокатка в черновой группе ведется с небольшим натяжением. После выхода раската из клети 6Г он по рольгангу передается в проходную нагревательную печь для подогрева до температуры 1130–1150 °С, без чего получение требуемой температуры конца прокатки невозможно. Затем раскат ножницами (поз. 8 рис. 1) разрезается на такое количество частей, которое обеспечивает свободный выход раската из клети 7В. После клети 7Г раскаты поступают в непрерывную подгруппу клетей 8В, 9Г и 10Г. Прокатка в этих клетях также ведется с небольшим натяжением (при прокатке швеллера № 20 клеть 8В не используется).

Передача раскатов в следующую клеть 11Г, расположенную во второй рабочей линии, обеспечивается шлеппером № 4 (поз. 10 рис. 1). Прокатка в клетях 11Г, 12Г и 13Г происходит последовательно. Далее раскаты могут переправляться в третью рабочую линию по обводному аппарату (поз. 22 рис. 1), что не всегда возможно, или по шлепперу № 2 к предчистовой клети 16Г и чистой 17Г. Затем прокат рольгангом отправляется на участок дисковых пил.

При расчете температуры переднего и заднего конца раскатов по клетям был взят наихудший вариант – выдачи блюмов из самой дальней печи № 4, при котором падение температуры при транспортировке максимальное.

Результаты расчетов температурного режима прокатки по существующей технологии представлены в табл. 1, а график – на рис. 2 (температура переднего конца – сплошная линия, заднего – пунктирная).

Таблица 1

Температурные и силовые параметры прокатки швеллера № 20 на крупносортом стане 600 по существующей технологии

№ прохода	Клеть	Температура, °С			Сила прокатки, МН		Момент прокатки, кНм		μ	V_{np} , м/с
		t_n	t_3	Δt	P_n	P_3	M_n	M_3		
0	–	1200	1200	0	–	–	–	–	–	–
1	1Г	1164	1148	16	3,492	3,615	735,8	761,8	1,41	0,377
2	2Г	1149	1135	15	3,187	3,295	673,1	696,8	1,39	0,530
3	3В	1141	1129	13	2,445	2,514	412,4	424,0	1,36	0,694
4	4Г	1136	1128	9	3,217	3,280	594,3	605,8	1,52	1,007
5	6Г	1119	1110	9	1,073	1,094	88,7	90,4	1,27	1,239
<i>РГ № 2</i>	–	1085	1076	9	–	–	–	–	–	1,700
<i>ПП</i>	–	1130	1130	0	–	–	–	–	–	1690
6	7Г	1121	1116	5	2,066	2,091	208,3	210,9	1,65	1,738
7	9Г	1092	1079	13	1,132	1,934	76,1	130,0	1,40	2,436
8	10Г	1086	1076	10	0,901	0,923	33,0	33,8	1,20	3,394
10	11Г	992	949	43	0,637	0,715	14,7	16,5	1,24	5,102
11	12Г	963	940	23	0,432	0,628	8,5	12,4	1,16	6,351
12	13Г	929	914	15	0,505	0,527	7,7	8,0	1,12	7,724
13	16Г	896	872	24	0,396	0,424	4,8	5,2	1,0	8,635
14	17У	871	849	23	0	0	0	0	0	8,792
<i>кп</i>	–	851	830	21	–	–	–	–	–	–

В табл. 1 обозначено: t_n – температура переднего конца; t_3 – температура заднего конца; Δt – разница температур на длине раската; P_n, P_3 – сила прокатки на переднем и заднем концах соответственно; M_n, M_3 – момент прокатки на переднем и заднем концах соответственно; μ – коэффициент вытяжки, V_{np} – скорость прокатки; *РГ № 2* – рольганг после черновой группы; *ПП* – проходная нагревательная печь; *кп* – температура после прокатки.

Температурный режим по существующей технологии соответствует опытным данным со стана 6000 АМК и технологической инструкции. Из табл. 1 видно, что самое значительное падение температуры происходит при перемещении раскатов с 1-й линии на 2-ю по шлепперу № 4 (между 10-й и 11-й клетями). Здесь же имеет место и самый большой перепад температур между передним и задним концами – 43 °С. Сила прокатки на горизонтальных валках клетки 17У отсутствует, т. к. здесь идет только подгибание фланцев.

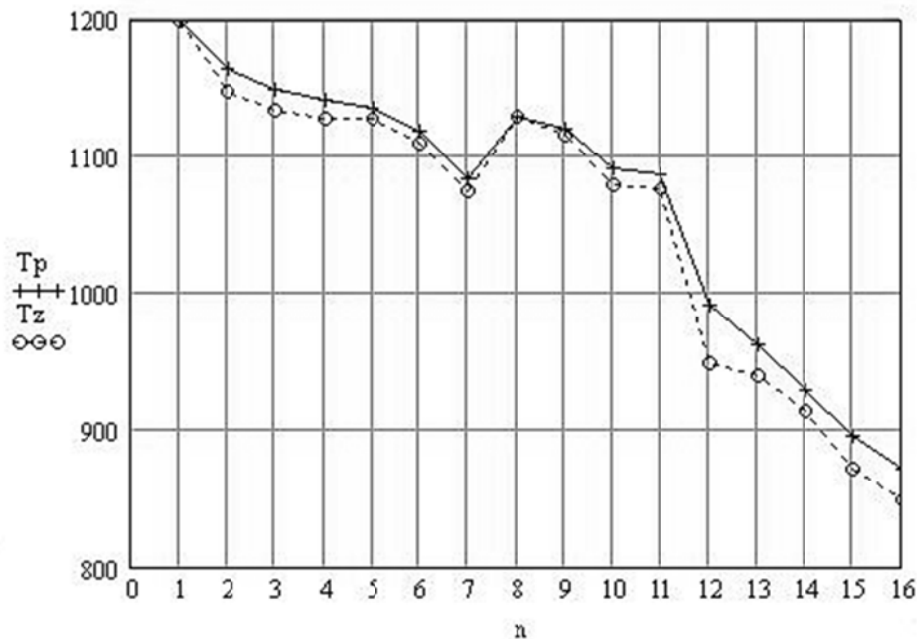


Рис. 2. Изменение температуры раскатов при существующей технологии

Известный температурный режим стана 600 позволил выполнить коррекцию эмпирических коэффициентов методики [2], что дало возможность выполнить математическое моделирование процесса непрерывной прокатки на данном стане с достаточной степенью достоверности.

При реконструкции полунепрерывного стана 600 в непрерывный предполагается на место проходной печи (поз. 7 рис. 1) установить непрерывную группу из клетей промежуточной, предчистовой и чистовой групп. При этом сохраняется расстояние между рольгангом № 2, ножницами (поз. 8 рис. 1) и клетью № 7. Прокатанные раскаты предусматривается перемещать на линию отделки по удлиненному шлепперу № 4 (поз. 10 рис. 1).

Результаты математического моделирования при температуре нагрева блюмов до 1200 °С представлены в табл. 2 и на рис. 3.

Из табл. 2 видно, что при новой технологии температура конца прокатки существенно повышается: на выходе из последней клетки она равна 1011 °С и 1020 °С для переднего и заднего концов соответственно, что на 139 и 171 °С выше, чем при последовательной прокатке. Уменьшаются и перепады температуры по длине раскатов до 9 °С в чистовых проходах.

Последнее способствует стабилизации механических свойств проката по длине штанг. Обращает внимание превышение температуры заднего конца над температурой переднего, начиная с клетки 10Г (см. рис. 3). Это явление можно объяснить тем, что при непрерывной прокатке задние концы межклетьевые промежутки проходят со скоростью последующей клетки, тогда как передние – предыдущей. Кроме того, при увеличении скорости увеличивается эффект повышения температуры металла вследствие превращения в тепло энергии пластической деформации.

Уменьшение потерь тепла при непрерывной прокатке не только позволяет отказаться от использования проходной нагревательной печи в линии стана, что само по себе способствует экономии газа, но и применить низкотемпературную технологию. Расчеты показали,

что при сохранении температуры конца прокатки в требуемых пределах, температуру нагрева металла в методических печах можно снизить до 900 °С. При этом температуры конца прокатки будут равны 850 и 856 °С для переднего и заднего концов. Падение температуры в чистовой группе будет минимальным, т. е. прокатка будет практически изотермической. Такое же явление наблюдается и при низкотемпературной прокатке толстых листов [3]. Оно связано со значительным уменьшением потерь тепла от излучения более холодного металла, и увеличением прихода тепла от энергии деформации.

Таблица 2

Температурные и силовые параметры непрерывной прокатки швеллера № 20 на крупносортом стане 600

№ прохода	Клеть	Температура, °С			Сила прокатки, МН		Момент прокатки, кНм		μ	V_{np} , м/с
		t_n	t_z	Δt	P_n	P_z	M_n	M_z		
0	–	1200	1200	0	–	–	–	–	–	
1	1Г	1164	1148	16	3,492	3,615	735,8	761,8	1,41	0,377
2	2Г	1149	1135	15	3,187	3,295	673,1	696,8	1,39	0,530
3	3В	1141	1129	13	2,445	2,514	412,4	424,0	1,36	0,694
4	4Г	1136	1128	9	3,217	3,280	594,3	605,8	1,52	1,007
5	6Г	1119	1110	9	1,073	1,094	88,7	90,4	1,27	1,239
РГ № 2	–	1063	1058	5	–	–	–	–	–	1,700
6	7Г	1068	1063	5	2,354	2,382	237,3	240,2	1,65	1,738
7	9Г	1051	1047	5	2,071	2,094	139,2	141,0	1,40	2,436
8	10Г	1034	1038	–4	0,796	1,013	29,1	37,1	1,20	3,394
10	11Г	1027	1034	–6	0,456	0,573	10,5	13,2	1,24	5,102
11	12Г	1022	1029	–7	0,507	0,498	10,0	9,9	1,16	6,351
12	13Г	1016	1025	–8	0,401	0,393	6,1	6,0	1,12	7,724
13	16Г	1014	1023	–9	0,301	0,294	3,7	3,6	1,0	8,635
14	17У	1011	1020	–9	0	0	0	0	0	8,792
кп	–	976	984	–8	–	–	–	–	–	–

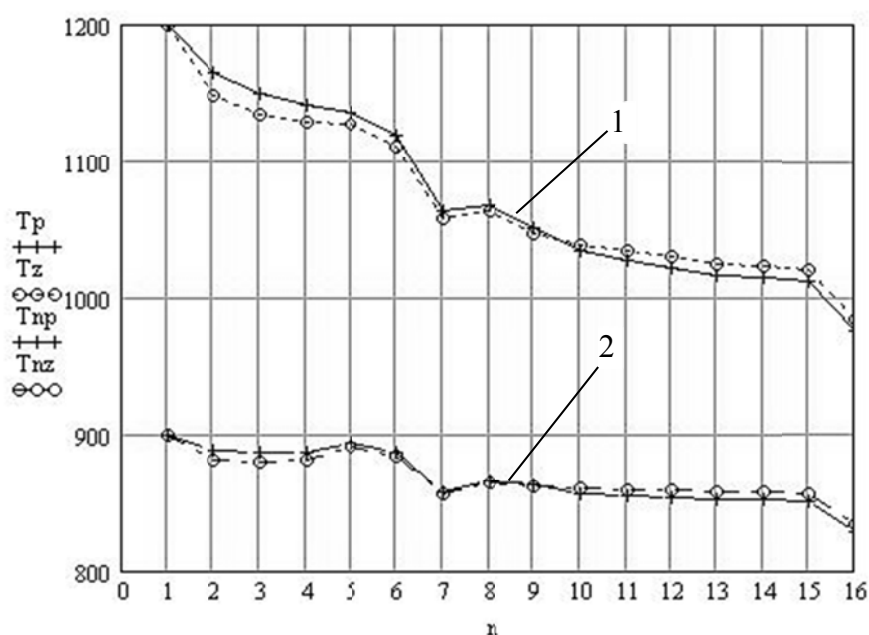


Рис. 3. Изменение температуры раскатов при непрерывной прокатке (1 – обычная технология; 2 – низкотемпературная)

Естественно, что столь значительное снижение температуры нагрева (на 300 °С) может вызвать сомнения в осуществимости данной технологии. Однако давно известно, что в Швеции, на заводе фирмы Fagerstad AB Osterbyverken, прокатка мелкого сорта квадратного сечения 10,5 × 10,5 мм из заготовок диаметром 70 мм углеродистой стали ведется с пониженной температурой начала прокатки даже на 400 °С, с 1150 °С до 750 °С [4].

Более серьезной проблемой является интенсификация энергосиловых параметров при прокатке «холодного» металла. Оценки показывают, что при температуре нагрева 900 °С сила и момент прокатки в черновой группе возрастут на 70–100 %, а в чистовой – на 57–92 %. У чистовых клетей крупносортовых станов обычно имеются резервы по энергосиловым возможностям. Клетки черновой группы необходимо или менять на более мощные, или, что более рационально, уменьшать сечение используемых блюмов. Например [5], при уменьшении сечения блюмов с 315 × 315 мм до 250 × 250 мм, энергосиловые параметры прокатки на стане 600 не будут превышать допустимые, если температуру нагрева понизить на 100 °С.

Но т. к. непрерывная прокатка крупного сорта без петлеобразования за счет кинематической асимметрии [1] требует индивидуального привода валков, то реконструкция основного оборудования все же потребуется.

ВЫВОДЫ

При непрерывной кинематически асимметричной прокатке крупносортовых фланцевых профилей без образования петли возможно существенное уменьшение расхода тепла, что приведет к повышению температуры конца прокатки на 140–170 °С. При этом уменьшится и перепад температур по длине раскатов с 43 до 9 °С. В чистовой группе температура заднего конца раската будет превышать температуру переднего.

Непрерывная прокатка позволит отказаться от проходной нагревательной печи в линии стана и применить низкотемпературную прокатку со снижением температуры нагрева металла до 900 °С. Однако повышение сил и моментов прокатки в этом случае потребует установки более мощных рабочих клетей или же использования блюмов меньшего поперечного сечения. В любом случае необходима реконструкция приводов клетей для создания кинематической асимметрии путем рассогласования скоростей валков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данько А. В. Применение кинематической асимметрии при непрерывной прокатке крупного сорта / А. В. Данько, В. М. Данько // *Обработка материалов давлением : сб. науч. трудов. – Краматорськ : ДДМА, 2011. – № 3 (24). – С. 31–36.*
2. Расчет температуры металла по проходам при прокатке простых и фланцевых профилей / под ред. В. С. Медведева // *Сталь. – УкрНИИМет, 1981. – № 6. – С. 49–51.*
3. Данько В. М. Низкотемпературная и «сухая» прокатка на толстолистовых станах / В. М. Данько // *Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні : темат. зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2001. – С. 478–480.*
4. Lundberg S.-E. Low temperature rolling saves energy in the rolling of wire and bar. «METEC'84: 2 Int. Walzwerkskongr., Dusseldorf, 22–28 Juni, 1984. Bd 2». – Dusseldorf, 1984. – G2/1-G2/12.
5. Данько В. М. Низькотемпературна прокатка швелерів на стані 600 // *Сб. научн. тр. ДонГТУ. – Алчевск : ДонГТУ, 2004. – Вып. 18. – С. 225–230.*

Данько В. М. – канд. техн. наук, доц. ДонГТУ;

Данько А. В. – канд. техн. наук ДонГТУ.

ДонГТУ – Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск.

E-mail: danko_vm@mail.ru

Статья поступила в редакцию 26.12.2011 г.