

РАЗДЕЛ III ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ В МЕТАЛЛУРГИИ

УДК 621.771.011

Иванов А. В.
Чигиринский В. В.
Широкобоков В. В.
Ярошенко О. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ТОРЦЕВОЙ УТЯЖКИ СЛИТКА ПРИ ПРОКАТКЕ С НЕОДНОРОДНЫМ ТЕМПЕРАТУРНЫМ ПОЛЕМ

В настоящее время на заводе «Днепроспецсталь» существует две технологические цепочки производства кругов большого диаметра. Классическая схема предполагает ковку на гидравлических прессах, что позволяет создать трехстороннее сжатие по всему сечению слитка и тем самым добиться высокого качества поковки. Недостатками такой схемы являются низкая производительность и большие потери металла в окалину, угар, абразивную стружку. Поэтому, для снижения затрат на заводе освоена технология прокатки прутков диаметром от 200 до 275 мм на обжимно-заготовочном стане 1050/950 [1]. Недостатком такой схемы является высокий уровень брака по осевой пористости слитка, не заварившейся при деформации.

В литературе встречаются различные способы решения вышеуказанной проблемы. Например, увеличение массы слитка с целью увеличения укова [2], увеличение единичных обжатий [3], увеличение катающего диаметра валков и т. д. Однако внедрение данных способов требует значительных финансовых затрат.

Существует и другой подход – ведение процесса деформирования с градиентом температуры по сечению слитка [4]. Для создания неоднородного температурного поля используют перепад температур, полученный при кристаллизации слитка [5], либо подстуживание перед или во время процесса ковки [6–8]. При этом поверхностные слои имеют пониженную температуру и пластичность, что приводит к повышенному сопротивлению деформации. Центральные слои, напротив, имеют более высокую температуру и пластичность, что позволяет им интенсивно деформироваться. В этом случае наружные слои слитка создают эффект оболочки. Дополнительным преимуществом является и то, что более равномерная деформация приводит к уменьшению глубины торцевой утяжки слитка.

Целью работы является исследование величины торцевой утяжки слитка при прокатке с неоднородным температурным полем.

Для исследования разности вытяжки поверхностных и центральных слоев слитка, а также для определения фактической величины торцевой утяжки, было выбрано, случайным образом, две плавки марки 42ХМ, назначенные на круг 275 мм, которые не имели нарушений технологии производства в сталеплавильном и прокатном цехе. Способ производства металла включал выплавку в открытых основных дуговых электропечах, ёмкостью 60 тонн, с внепечным вакуумированием и последующей сифонной разливкой в изложницы. После рекристаллизации в течение 4,5 часов было произведено стрипперование слитков и их посадка в рекуперативные нагревательные колодцы. Нагрев слитков производился по режиму, включающему две ступени (рис. 1): 1300 °С (T_1) и томление в течении 30 минут (t_1), 1250 °С (T_2) и томление в течении 100 минут (t_2).

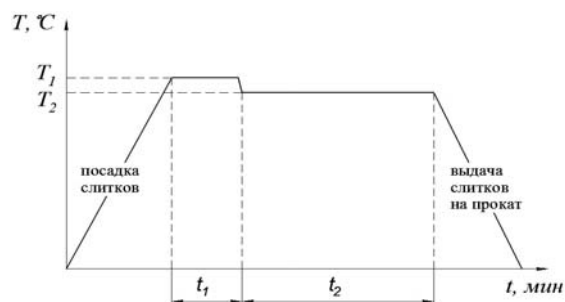


Рис. 1. Режим нагрева слитков в рекуперативных колодцах

На обжимной клети 1050 за 17 проходов получают подкат прямоугольного сечения, который при помощи шлепперов после удаления головной части на прессе, номинальным усилием 9 МН, передается на заготовочную клеть 950, где подвергается деформации по системе «овал-круг». Калибровка валков обжимной и заготовочной клети представлены на рис. 2. Полученный сортовой прокат по рольгангу передается на роторно-ударные пилы, где удаляется донная часть слитка и производится порезка раската на требуемую длину. Затем металл в течение шести суток охлаждают в колодцах замедленного охлаждения. После обточки на бесцентровотокарных станках прутки подвергали ультразвуковому контролю на соответствие требованиям ГОСТ 21120-75 с помощью прибора USK-8B.

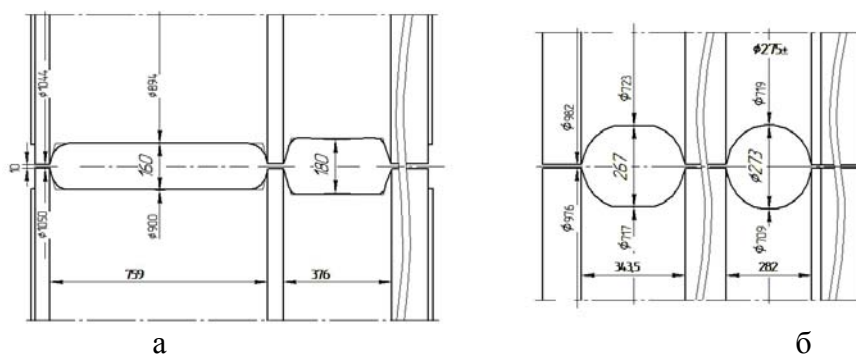


Рис. 2. Калибровка валков в обжимной (а) и заготовочной (б) клети

Анализ деформационной схемы показывает, что все проходы осуществляются при факторе формы 0,26–0,5, что позволяет сделать вывод о том, что пластическая деформация не проникает на всю глубину сечения [9] в достаточной степени и не осуществляется необходимая проработка сечения раската.

Для создания градиента температур по сечению подката, при прокате четных слитков, производилось его подстуживание перед заготовочной клетью. Прокат нечетных слитков производился по действующей технологии с минимальным количеством пауз перед клетью 950. Измерение температуры поверхностных слоев производилось при помощи ручного оптического пирометра «Промінь». После удаления и охлаждения донной обреза на роторно-ударных пилах производились измерения диаметра части сечения, покрытого окалиной (табл. 1), а также измерение двух возвышенностей и двух впадин. Вид донной части представлен на рис. 3.

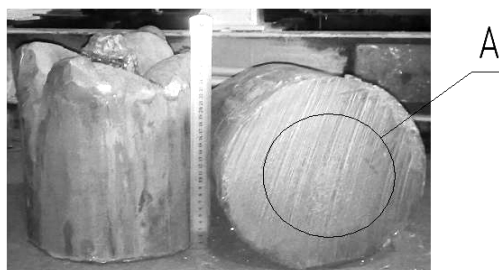


Рис. 3. Вид донной части (А – диаметр части сечения, покрытый окалиной)

Измерения диаметра части сечения, покрытого окалиной, позволяют оценить градиент температур по сечению полосы. С уменьшением температуры поверхностных слоев увеличивается температурный перепад по сечению, что подтверждается уменьшением диаметра центральных слоев металла с температурой выше точки окалинообразования.

По данным табл. 1 был построен график, представленный на рис. 4, и определено уравнение регрессии методом наименьших квадратов, линейного вида:

$$y = 0,4855x - 306,61,$$

где y – диаметр части сечения, покрытый окалиной в мм; x – температура поверхности раската в °С.

Таблица 1

Зависимость диаметра части сечения, покрытого окалиной, от температуры поверхности раската

Температура поверхности раската, °С	Диаметр, покрытый окалиной, мм	Диаметр, покрытый окалиной, %	Температура поверхности раската, °С	Диаметр, покрытый окалиной, мм	Диаметр, покрытый окалиной, %
1010	212	77,1%	1000	157	57,1%
970	179	65,1%	1000	185	67,3%
1030	216	78,5%	980	165	60,0%
960	163	59,3%	1000	195	70,9%
1030	190	69,1%	960	162	58,9%
960	148	53,8%	980	176	64,0%
1030	185	67,3%	940	152	55,3%
970	151	54,9%	1010	159	57,8%
1035	191	69,5%	1015	175	63,6%

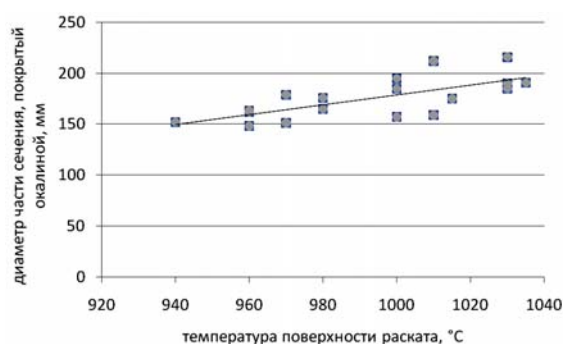


Рис. 4. Зависимость диаметра части сечения, покрытого окалиной, от температуры поверхности раската

Схема измерений торцевой утяжки представлена на рис. 5. Данные измерений двух возвышенностей и двух впадин занесены в табл. 2.

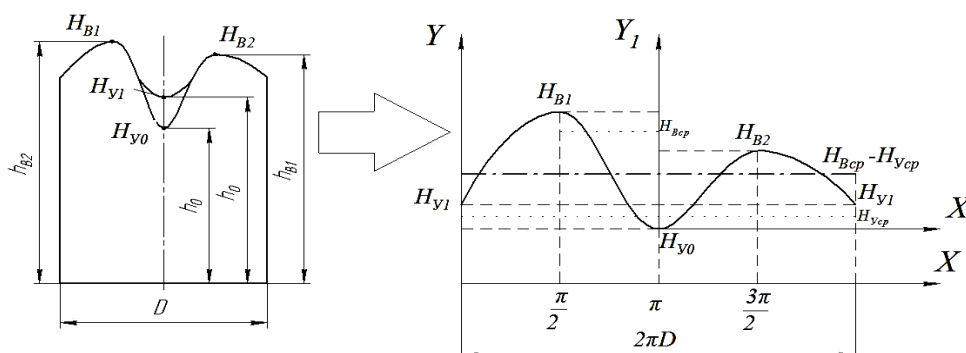


Рис. 5. Схема измерений утяжки поверхностных и центральных слоев

Таблица 2

Результаты измерений величины торцевой утяжки в зависимости от температуры
поверхностных слоев раската

Плавка	№ слитка	Температура	h_0 , мм	h_1 , мм	h_{B1} , мм	h_{B2} , мм	H_{Bcp} , мм	H_{Vcp} , мм	Δ , мм
B21025	1	1000	78	132	256	252	176	27	149
B21025	3	1000	52	124	254	237	193,5	36	157,5
B21025	5	1000	107	127	245	235	133	10	123
B21025	7	1010	94	135	270	245	163,5	20,5	143
B21025	9	1015	88	100	230	205	129,5	6	123,5
среднее							159,1	19,9	139,2
медиана							163,5	20,5	143
максимальное значение							193,5	36	157,5
минимальное значение							127,5	6	121,5
B21025	2	980	66	93	207	184	129,5	13,5	116
B21025	4	960	55	95	210	200	150	20	130
B21025	6	980	56	73	190	158	118	8,5	109,5
B21025	8	940	83	105	240	209	141,5	11	130,5
среднее							136,5	13,17	123,3
медиана							140,5	11	129,5
максимальное значение							151	20	131
минимальное значение							118	8,5	109,5
B21085	1	1010	106	106	212	194	97	0	97
B21085	3	1030	130	142	235	220	97,5	6	91,5
B21085	5	1030	0	54	144	133	138,5	27	111,5
B21085	7	1030	70	75	182	178	110	2,5	107,5
B21085	9	1035	21	101	200	193	175,5	40	135,5
среднее							123,7	15,1	108,6
медиана							110	6	104
максимальное значение							175,5	40	135,5
минимальное значение							97	0	97
B21085	2	970	82	92	197	159	96	5	91
B21085	4	960	82	132	234	208	139	25	114
B21085	6	960	111	115	216	209	101,5	2	99,5
B21085	8	970	125	132	215	205	85	3,5	81,5
среднее							105,4	8,9	96,5
медиана							98,8	4,3	94,5
максимальное значение							139,0	25,0	114,0
минимальное значение							85,0	2,0	83,0

Учитывая то, что донная обреза удалялась двумя кусками и расстояние от торца до наибольшей впадины колеблется в пределах от 0 до 130 мм, для корректного анализа данных примем за начало отсчета точку торцевой утяжки, которая находится на наименьшем расстоянии от торца. Для этого необходимо перейти от системы координат X–Y к системе координат X1–Y1 с помощью уравнений (1):

$$H_1 = h_1 - h_0; \quad H_{B1} = h_{B1} - h_0; \quad H_{B2} = h_{B2} - h_0. \quad (1)$$

Для определения фактической величины торцевой утяжки воспользуемся формулами:

$$H_{Bcp} = (H_{B1} + H_{B2})/2; \quad H_{Vcp} = H_1/2; \quad (2)$$

$$\Delta = H_{Bcp} - H_{Vcp} = (H_{B1} + H_{B2} - H_1)/2.$$

Полученные величины сведем в табл. 2 и проанализируем их с помощью методов описательной статистики. Так как прокат на заготовочной клети ведется с верхним давлением, то для исключения влияния настройки привалковой арматуры анализ полученных данных производим поплавочно.

Из табл. 2 видно, что уменьшение температуры поверхностных слоев приводит к уменьшению средней величины торцевой утяжки на плавке В21025 на 15,9 мм, а на плавке В21085 на 12,1 мм. Соответствующее значение медианы, а также максимальных и минимальных значений, снижаются с увеличением перепада температур по сечению раската. Полученные результаты свидетельствуют о том, что центральные слои деформируются более интенсивно, чем при стандартном технологическом режиме.

ВЫВОДЫ

Проведен эксперимент с подстуживанием раската перед заготовочной клетью на двух плавках марки 42ХМ, по 9 слитков каждая, что дало возможность установить зависимость диаметра части сечения, покрытого окалиной, от температуры поверхности раската. Также в результате эксперимента установлено, что с увеличением температуры поверхностных слоев увеличивается площадь сечения, покрытого окалиной.

Проведен сравнительный анализ фактической величины торцевой утяжки при различном распределении температур по сечению подката. Выявлено, что при создании градиента температур ($T_{\text{пов}} < T_{\text{цент}}$) центральные слои деформируются более интенсивно, чем при стандартном температурном режиме, что позволяет уменьшить величину торцевой утяжки и улучшить проработку осевых, наиболее дефектных, слоев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Логозинский И. Н. Расширение профильного и марочного сортамента проката и поковок из коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов / И. Н. Логозинский, А. Н. Тумко, А. С. Сальников // *Сталь*. – 2006. – № 11. – С. 128–130.
2. Диомидов Б. Б. Технология прокатного производства / Б. Б. Диомидов, Н. В. Литовченко. – М. : *Металлургия*, 1979. – 489 с.
3. Чижиков Ю. М. Прокатываемость стали и сплавов / Ю. М. Чижиков. – М. : *Металлургия*, 1961. – 451 с.
4. Пестов В. С. Повышение качества и деформируемости металла поковок за счет сочетания различных видов неоднородности при ковке / В. С. Пестов // *Кузнечно-штамповочное производство*. – 1988. – № 2. – С. 6–8.
5. Корнеев Д. М. Ковка крупных слитков из стали 35 с температурным перепадом по сечению / Д. М. Корнеев, Б. А. Цурков // *Кузнечно-штамповочное производство*. – 1974. – № 4. – С. 1–4.
6. Технологические приемы, обеспечивающие проработку осевой зоны слитка / Л. Н. Соколов, В. С. Пестов, В. Н. Ефимов, Н. Г. Цыгура, А. А. Бобров, В. О. Кононенко // *Кузнечно-штамповочное производство*. – 1985. – № 2. – С. 25–27.
7. Совершенствование технологии изготовления поковок валов / Н. М. Золотухин, И. П. Шелаев, В. О. Кононенко, С. С. Сиротинец // *Кузнечно-штамповочное производство*. – 1986. – № 5. – С. 7–8.
8. Шелаев И. П. Ковка крупных поковок прокатных валков с температурным перепадом по сечению / И. П. Шелаев, В. О. Кононенко, А. А. Леонтьев // *Кузнечно-штамповочное производство*. – 1988. – № 4. – С. 2–3.
9. Теория прокатки крупных слитков / А. П. Чекмарев, В. Л. Павлов, В. И. Мелешко, В. А. Токарев. – М. : *Металлургия*, 1968. – 252 с.

Иванов А. В. – аспирант ЗНТУ;

Чигиринский В. В. – д-р техн. наук, проф. ЗНТУ;

Широкобоков В. В. – канд. техн. наук, доц. ЗНТУ;

Ярошенко О. А. – нач. передельного произв. – гл. прокатчик ОАО «Днепрспецсталь».

ЗНТУ – Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье.

E-mail: ivanov_av@ua.fm