



УДК 620.176.23 Наука

В. Е. Хрычиков /д. т. н./, А. П. Белый,
Л. Х. Иванова /д. т. н./, И. А. Осипенко,
Е. В. Меняйло /к. т. н./

Национальная металлургическая академия
Украины, г. Днепро, Украина
e-mail: litpro@rambler.ru

Влияние регулируемого охлаждения в литейной форме на остаточные напряжения в сортопрокатных валках из отбеленного чугуна

V. E. Khrychikov /Dr. Sci. (Tech.),
A. P. Belyi, L. H. Ivanova /Dr. Sci. (Tech.),
I. A. Osypenko E. V. Menyailo /Cand. Sci. (Tech.)/

National Metallurgical Academy of Ukraine,
Gagarin, Dnipro, Ukraine,
e-mail: litpro@rambler.ru

Effect of controlled cooling in the mould for residual stresses of rolling from chilled iron

Цель. Анализ влияния термической обработки в литейной форме бочки сортопрокатного валка в процессе кристаллизации и замедленного охлаждения отливки на изменение остаточных литейных напряжений в отливке.

Методика. Внутренние остаточные напряжения в опытном и контрольном валках определяли с помощью магнитного структуроскопа SA51-НС-001.

Результаты. Представлены результаты сравнительного исследования внутренних остаточных напряжений в литых чугунных сортопрокатных валках исполнения СПХН-60 с размерами бочки $\varnothing 390 \times 785$ мм. Охлаждение опытного валка замедляли теплоизоляцией литейной формы в заданный промежуток времени. По сравнению с серийной технологией производства прокатных валков остаточные литейные напряжения в бочке опытного валка меньше на 6,4 %.

Научная новизна. Впервые установлен уровень остаточных литейных напряжений в чугунном отбеленном прокатном валке после замедления его охлаждения в заданный период времени.

Практическая значимость. Снижение уровня остаточных литейных напряжений в процессе кристаллизации и замедленного охлаждения отливки в комбинированной литейной форме позволит устранить термическую обработку, применяемую перед установкой валка в прокатный стан. (Ил. 2. Табл. 1. Библиогр.: 6 назв.)

Ключевые слова: литье, прокатный валок, чугун, регулируемое охлаждение, термическая обработка, остаточное напряжение.

Введение. При кристаллизации и охлаждении валков в стационарных комбинированных кокильно-песчаных литейных формах (рис. 1) возникают внутренние остаточные литейные напряжения [1; 2]. Их превышение выше определенного уровня [3] может привести к формированию горячих и холодных трещин в отливках [4]. После литья все прокатные валки проходят термическую обработку для уменьшения уровня остаточных напряжений или естественное старение в течение 3...6 месяцев.

Температурно-временные режимы термической обработки (отпуск) для некоторых типов валков [5] позволяют уменьшить внутренние остаточные напряжения и исключить этап естественного старения, которое согласно действующим техническим условиям длится в течение 3...6 месяцев.

Экономически целесообразным является производство литых валков с уменьшенными

внутренними остаточными напряжениями за счет регулирования режима охлаждения их в литейной форме [6]. Исключение технологического этапа регулируемой скорости нагрева и охлаждения прокатного валка в термической печи позволит существенно уменьшить затраты на производство.

Анализ патентно-лицензионной литературы показал отсутствие исследований в этом направлении, так что поставленная проблема является актуальной, а ее решение имеет важное прикладное значение.

Цель. Анализ влияния термической обработки в литейной форме бочки сортопрокатного валка в процессе кристаллизации и замедленного охлаждения отливки на изменение остаточных литейных напряжений в отливке.

Материал и методики. В условиях вальцелитейного цеха ПАО «Днепропетровский завод прокатных валков» проводили сравнительные

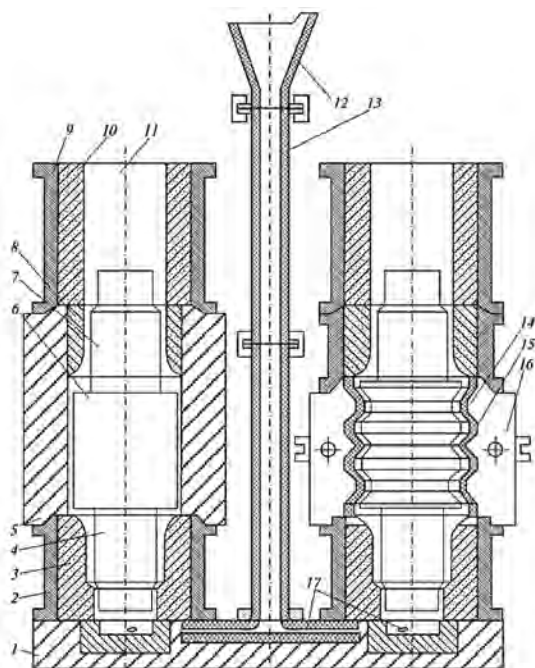


Рис. 1. Схема форм для литья валков с гладкой бочкой и с литыми калибрами (тонкими линиями обозначены чистовые размеры валков):
 1 – двухместный поддон; 2 – форма нижней шейки; 3 – формовочная смесь; 4 – нижняя шейка прокатного валка; 5 – кокиль; 6 – бочка прокатного валка; 7 – верхняя шейка прокатного валка; 8 – «заделка», формовочная смесь в кокиле; 9 – форма прибыли; 10 – формовочная смесь прибыли; 11 – прибыль; 12 – воронка; 13 – стояк; 14 – выступ калибра кокиля; 15 – впадина калибра кокиля; 16 – кокиль с литыми калибрами и вертикальным разъемом; 17 – тангенциальный питатель

исследования двух валков из отбеленного чугуна исполнения СПХН-60 с размерами бочки $\varnothing 390 \times 785$ мм. На двухместном поддоне устанавливали литейные формы опытного и серийного валков. Плавку чугуна проводили в индукционной печи ИЧТ-6 в соответствии с технологическими инструкциями завода. Заливку расплава при температуре 1320 ± 5 °С выполняли через один общий стояк (см. 13 на рис. 1). Охлаждение опытного валка замедляли теплоизоляцией литейной формы в заданный промежуток времени.

Термическую обработку для снижения остаточных напряжений в серийных валках проводили в камерной печи с выдвижным подом по режиму: нагрев до температуры 600 °С, затем выдержка в течение 10 ч и охлаждение с печью.

Оценку внутренних напряжений производили с помощью магнитного структуроскопа SA51-Нс-001 по схеме рис. 2.

Результаты исследований.

Были проведены исследования величины остаточных напряжений в прокатных валках исполнения СПХН-60 следующего химического состава, масс. %: С – 3,23...3,59, Si – 0,52...0,61, Mn – 0,52...0,54, P – до 0,3, S – до 0,12, Cr – 0,64...0,78, Ni – 1,65...1,82, железо – остальное.

Сравнительный анализ результатов измерения остаточных литейных напряжений прокат-

ных валков из отбеленного чугуна, полученных разным способом, приведены в табл. 1.

Сопоставление полученных результатов показывает, что теплоизоляция литейной формы в заданный промежуток времени в процессе кристаллизации и охлаждения отливки способствует снижению остаточных литейных напряжений на 6,4 % по сравнению с серийной технологией производства прокатных валков.

После охлаждения валка и удаления его из литейной формы дальнейший его регулирует-

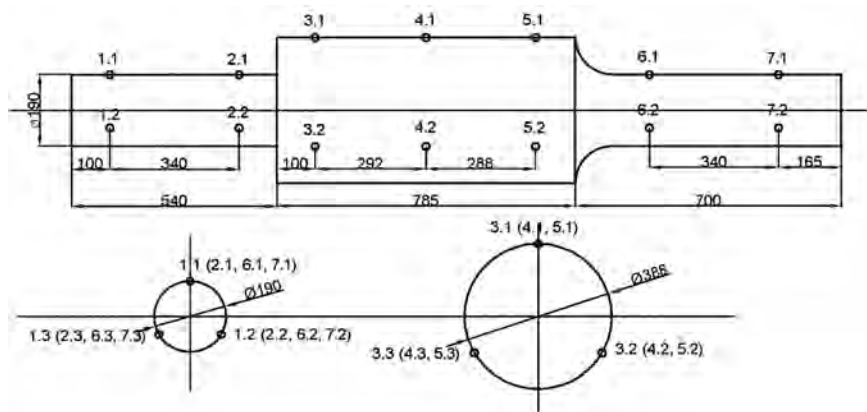


Рис. 2. Схема измерения напряжений в прокатных валках $\varnothing 390$ мм

Таблица 1

Результаты измерения остаточных напряжений в прокатных валках из отбеленного чугуна, полученных разным способом

Партия валков	Номер валка	Коэффициентная сила, А/см			Средняя
		3	4	5	
Серийный	8038	6,9	6,7	6,8	6,80
Опытный	9097	6,5	6,3	6,3	6,36
Регулируемый нагрев и охлаждение в печи	91412	6,1	6,0	6,2	6,10

мый нагрев и охлаждение в термической печи по режиму обеспечивает уменьшение остаточных литейных напряжений на 10,2 %.

Выводы

1. Исследовано влияние замедленного охлаждения чугуна отбеленного прокатного валка в заданный период времени на его внутренние остаточные напряжения.

2. Установлено уменьшение на 6,4 % внутренних остаточных напряжений в опытном валке за счет регулируемого охлаждения по сравнению с серийным валком.

3. Термическая обработка серийного валка в печи с регулируемой скоростью нагрева до 600 °С, затем выдержкой в течение 10 часов и охлаждение с печью обеспечивает уменьшение внутренних остаточных напряжений на 10,2 % по сравнению с серийным валком без термообработки.

4. Перспективным направлением дальнейших исследований является отработка термовременных режимов регулируемого охлаждения других типоразмеров валков с целью исключения термической обработки после литья валков.

Библиографический список / References

1. Кривошеев А. Е. Литые валки (теоретически и технологические основы производства) / А. Е. Кривошеев. – М.: Металлургиздат, 1957. – 360 с.

Krivosheev A. E. *Litye valki (teoreticheski i tekhnologicheskie osnovy proizvodstva)*. Moscow, Metallurgizdat, 1957, 360 p.

2. Хрычиков В. Е. Литейное производство черных и цветных металлов: учеб. пособие / В. Е. Хрычиков, Е. В. Меняйло. – Изд. 2-ое, исправленное и дополненное. – Днепропетровск: НМетАУ, 2015. – 89 с.

Khrychikov V. E., Menyaylo E. V. *Liteynoye proizvodstvo chernykh i tsvetnykh metallov*. Dnepropetrovsk, NMetAU, 2015, 89 p.

3. Репях С.И. К вопросу образования горячих трещин в литых изделиях и сварных швах / С. И. Репях, Е. В. Меняйло, Ю. С. Пройдак, В. Е. Хрычиков // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2014. – № 3. – С. 37–41.

Rpyakh S. I., Menyaylo E.V., Proydak Yu. S., Khrychikov V. E. *K voprosu obra-zovaniya goryachikh treshchin v litykh izdeliyakh i svarnykh shvakh*. Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'. 2014, no. 3, pp. 37-41.

4. Лейбензон В. О. Твердження металів і металевих композицій: підручник для вузів / В. О. Лейбензон, В. Л. Пілюшенко, В. М. Кондратенко, В. Є. Хричиков та ін. – Видання друге, доопрацьоване. – Київ: Наукова думка, 2009. – 447 с.

Leybenzon V. O., Pilyushenko V. L., Kondratenko V. M., Khrychikov V. E. *Tverdnennyya metaliv i metalovykh kompozitsiy*. Kyiv, Naukova dumka, 2009, 447 p.

5. Иванова Л. Х. Влияние модифицирования на величину остаточных напряжений в литых валках / Л. Х. Иванова // *Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр.* – Днепропетровск: ПГАСА, 2007. – Вып. 41, ч. 2. – С. 99–103.

Ivanova L.Kh. *Vliyanie modifitsirovaniya na velichinu ostatochnykh naprya-zheniy v litykh valkakh*. Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroyeniye. Dnepropetrovsk, PGASA, 2007, issue 41, part 2, pp. 99-103.

6. Хрычиков В. Е. Исследование влияния регулируемого охлаждения на микроструктуру сортопрокатного валка из отбеленного чугуна / В. Е. Хрычиков, А. П. Белый, Л. Х. Иванова, И. А. Осипенко // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2016. – № 5. – С. 35–39.

Khrychikov V. E., Belyiy A. P., Ivanova L. Kh., Osipenko I. A. *Issledovanie vliyaniya reguliruemogo ohlazhdeniya na mikrostrukturu sortoprokatnogo valka iz otbelennogo chuguna*. Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost. 2016, no. 5, pp. 35-39.

Purpose. Analysis of the effect of heat treatment in the mold section of the roll barrel in the process of crystallization and slow cooling of the casting on the change in residual casting stress in the casting.

Methodology. Internal residual stresses in the treated and control windrows were determined using magnetic structurescope SA51-Hc-001.

Findings. Presents results of a comparative study of internal residual stresses in the cast iron rolling rolls performance SPHN-60 dimensions mm. barrels Ø390x785 Cooling experienced roll slowed by the insulation of the mold in a given period of time. Compared to the production technology of production of mill rolls casting residual stress in a barrel roll experienced less 6.4%.

Originality. First set the level of residual stresses in cast iron bleached rolling the roll after slow cooling in a given time period.

Practical value. Reducing the level of residual casting stresses during crystallization and slow cooling of the casting in the mold combination would eliminate the thermal treatment applied before installing the roll in the mill. II. 2. Table. 1. Bibliogr.: 6 the name.

Reducing the residual stresses during solidification and slow cooling of the casting mould in a combination will accelerate the turnover of circulating assets.

Key words: casting, rolling roll, cast iron, controlled cooling, heat treatment, residual stress.

**Рекомендована к публикации
д. т. н. В. Е. Хрычковым
Поступила 11.01.2017**