

УДК 621.746.047

**ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ЦЕНТРОБЕЖНОЛИТЫХ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК
РОЛИКОВ МНЛЗ**

**А. Ю. Хитько, к.т.н., доц., Л. А. Шапран, к.т.н., доц.,
Л. Х. Иванова, д.т.н., проф., В. В. Симоненко, студ.**

Национальная металлургическая академия Украины, Днепрпетровск

Постановка проблемы и состояние вопроса. На отечественных заводах применяются разные как по конструкции, так и по типам сплавов ролики, например, кованые ролики из низколегированных сталей 32Х2Н2МА и Р2М. Зарубежные фирмы («Кубота», Япония; «Демаг», ФРГ; «Юзинор», Франция и др.) поставляют в настоящее время большинству металлургических предприятий европейских стран центробежнолитые ролики. Наружный слой таких роликов изготовляют из легированной стали, а сердцевину – из мягкой углеродистой стали. Стойкость таких роликов в несколько раз превышает стойкость кованых роликов [1].

Основным принципом, объединяющим все подходы к созданию роликов МНЛЗ, является применение износостойких и разгароустойчивых материалов для их рабочей поверхности. Это достигается путем наплавки цельнокованых роликов и бандажирования однослойными цельными, кольцевыми, спиральными бандажами, получаемыми способами горячей деформации, а также применением центробежнолитых биметаллических роликов [1].

Испытание биметаллических роликов, изготавливаемых из центробежнолитых заготовок, показало, что иногда наблюдается расслоение по границе двух металлов, связанное в основном с несвариваемостью при литье, высокой температурой посадки в печь и большой скоростью нагрева при термической обработке заготовок.

Целью исследования являлось определение рационального соотношения толщин наружного и внутреннего слоев с целью снижения временных и остаточных напряжений в биметаллических роликах.

Результаты исследований и их обсуждение. Определение напряжений является решающим вопросом технологии литья заготовок [2-5].

Для того чтобы избежать образования холодных трещин в процессе литья и термообработки нужно решить следующие вопросы:

- при каком соотношении толщин наружного и внутреннего слоев уровень временных напряжений наименее опасен;
- какие температурные интервалы при охлаждении и термической обработке опасны с точки зрения образования холодных трещин и отслоения отливок.

Определение рационального соотношения толщин биметаллических центробежнолитых заготовок по уровню напряжений проводили расчетным методом. Расчет проводили для двух пар сочетаний:

- 330х270х150х3600 и 330х250х150х3600 мм;
- 290х240х130х3600 и 290х220х130х3600 мм.

С целью обоснования возможности изменения толщин слоев и граничных диаметров выполнены расчеты по корректировке геометрических размеров роликов радиального участка. Расчетные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Напряжения в роликах от нагрузки

D , м	d_n , м	$d_в$, м	Марка стали	$[\sigma_n]$, МПа	σ_n , МПа	$[\sigma_в]$, МПа	$\sigma_в$, МПа
0,33	0,25	0,15	ХМФ	490	103	308	87,3
0,27	0,22	0,13	ХМФ	490	92,7	308	76,8

Выполненный расчет литейных напряжений, возникающих в биметаллических заготовках при охлаждении, показал, максимальные растягивающие и сжимающие напряжения образуются при 250°С соответственно во внутреннем ($\sigma = 240$ МПа) и наружном ($\sigma = -170$ МПа) слоях.

Анализ динамики изменения напряжений показал следующее:

1. При охлаждении заготовок до 550 °С напряжения пренебрежимо малы.

2. Существуют два опасных температурных интервала, когда временные напряжения достигают опасных величин. Первый – 420...380°С, что соответствует развитию бейнитного превращения в наружном слое (X12МФЛ). При этих температурах внутренний слой испытывает напряжения сжатия, а наружный - растяжения. Второй – 260...240°С, что соответствует развитию мартенситного превращения стали X12МФЛ. Напряжения достигают максимальной величины и меняют знак.

3. В первом интервале увеличение граничного диаметра (уменьшение толщины наружного слоя) ведет к росту напряженного состояния в наружном слое и снижает напряжения во внутреннем слое.

4. Во втором интервале (более опасном) увеличение граничного диаметра снижает напряжения в наружном и повышает их во внутреннем слое.

В результате проведенных исследований установлено, что:

– термическую обработку литых заготовок следует проводить с горячего посада, то есть начинать до того момента, когда после выбивки из машины заготовки не достигают 550°С;

– после высокотемпературной термической обработки (нормализации или отжига) перед второй стадией термической обработки (стабилизирующим отжигом) не охлаждать заготовки ниже 550°С, а начинать стабилизирующий отжиг без охлаждения их ниже этой температуры.

Разработан и опробован режим термической обработки биметаллических заготовок, включающий нормализацию с температуры 1050°С и отпуск при 740°С.

Расчет тангенциальных остаточных напряжений σ в центробежнолитых биметаллических заготовках 330x250x150x3600 и 290x22x130x3600 мм проводили по закону Гука $\sigma = \varepsilon E$.

Остаточные напряжения определяли методом расчленения кольцевых темплетов толщиной 20 мм, отобранных на расстоянии 300 мм от торцов цен-

тробежнолитых биметаллических заготовок. На торцевой поверхности темплетов наносили в радиальном направлении два параллельных ряда точек с помощью керн. Расстояние между точками в радиальном направлении составляло $5 \pm 0,5$ мм, в тангенциальном направлении – $40 \pm 0,5$ мм. Темплет разрезали в радиальном направлении так, чтобы разрез был между точками. Величину деформации определяли как разность между замерами до и после разрезки темплета. Результаты расчета приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Распределение остаточных напряжений по слоям в биметаллической заготовке диаметром 330x250x150 после термообработки

$R \cdot 10^{-3}$, м	$C_1 \cdot 10^{-3}$, м	$C_2 \cdot 10^{-3}$, м	σ , МПа	Примечание
155	39,55	38,00	-219	Наружный слой
145	38,70	37,40	-261	Наружный слой
135	39,20	37,95	-270	Наружный слой
125	39,00	37,45	-362	Граница слоев
115	39,65	38,45	-305	Внутренний слой
105	39,00	37,95	-293	Внутренний слой
95	39,15	38,10	-325	Внутренний слой
85	40,05	39,05	-348	Внутренний слой

Таблица 3

Распределение остаточных напряжений по слоям в биметаллической заготовке диаметром 290x220x130 после термообработки

$R \cdot 10^{-3}$, м	$C_1 \cdot 10^{-3}$, м	$C_2 \cdot 10^{-3}$, м	σ , МПа	Примечание
135	40,45	38,55	-410	Наружный слой
125	40,15	38,50	-385	Наружный слой
115	39,45	37,95	-381	Наружный слой
105	39,50	38,00	-419	Внутренний слой
95	38,70	37,60	-340	Внутренний слой
85	38,70	37,60	-382	Внутренний слой
75	38,60	37,60	-397	Внутренний слой

Выводы.

1. Рациональными геометрическими размерами для роликов с биметаллическими бочками диаметром 300 мм являются заготовки размерами 330x250x150x3600 мм и для роликов диаметром 270 мм – 290x220x130x3600 мм.

2. Напряженное состояние биметаллических роликов с измененными модулями упругости и коэффициентами линейного расширения характеризуется возросшим изгибающим моментом и напряжениями в нижней половине ролика. На увеличение расчетных напряжений повлияло существенное изменение коэффициентов линейного расширения слоев и учет при расчете их реаль-

ной зависимости от температуры. Кроме того, изменилось соотношение модулей упругости слоев.

3. В расчетную схему внесены изменения в характер зависимостей коэффициентов линейного удлинения и модуля упругости от радиуса в нижней половине ролика в соответствии с новыми эмпирическими данными. Вместе с тем, распределение температуры в ролике оставлено прежним. В дальнейшей отработке методики расчета биметаллических роликов необходимо внести уточнение распределения температуры в расчет, что уменьшит расчетные величины температурного изгиба и приблизит результат к действительному значению величин напряжений.

4. Выполненные расчеты показывают, что основное влияние на величину и характер напряженного поля биметаллических роликов от силовых и температурных нагрузок оказывает не изменение геометрических размеров (которые находятся в довольно тесных пределах), а изменение величины модуля упругости и, в особенности, коэффициентов температурного расширения материалов слоев.

При выбранных соотношениях геометрических и прочностных параметров напряжения в слоях не превышают допустимых, за исключением узкого участка в зоне контакта слоев ($\sigma = -786,5$ МПа). Испытания показали, что это превышение не оказывает отрицательного влияния на стойкость роликов.

5. Исходя из выполненных расчетов и данных проверки экспериментальных роликов МНЛЗ, установлено, что ролики со скорректированными геометрическими и прочностными характеристиками обладают достаточной прочностью.

Список использованных источников:

1. Разработать и внедрить технологию изготовления составных роликов с литыми двухслойными бандажами для МНЛЗ: отчет У813070003, № 01830028474, ДМетИ, Адамов И.В., Днепропетровск, 1985.– 145 с.

2. Адамов И.В. Исследование процессов отливки двухслойных прокатных валков высокой твердости из хромоникелевого чугуна: дис. ... кандидата техн. наук: 05.323 / Адамов Иван Васильевич. – Д., 1966. – 242 с.

3. Мирзоян Г.С. Исследование остаточных напряжений в биметаллических центробежно-литых трубах / Г.С.Мирзоян, Н.Н.Куршев, С.Н.Блошко, А.А.Минасарян // Литейное производство. – 1986. – № 6.– С.7–8.

4. Исследование, разработка, изготовление и испытание экспериментальных биметаллических роликов из центробежнолитых заготовок с упрочненным внутренним слоем, К522080007, № 018700637718, ДМетИ, Адамов И.В., Днепропетровск, 1988.– 76 с.

5. Шапран Л.А. Разработка и освоение технологии изготовления биметаллических центробежнолитых роликов машин непрерывного лиття заготовок: дис. ... кандидата техн. наук: 05.16.04 / Шапран Людмила Александровна. – Д., 2009. – 214 с.