

УДК 620.22:621.74.042

Н. А. Жижкина

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАКРОСТРУКТУРЫ НА УРОВЕНЬ СВОЙСТВ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОГО ЧУГУНА

*Ефективність роботи прокатного стану та конкурентоспроможність металопродукції залежить від якості валків, робочий шар яких виготовляють з високолегованого чавуну. Показано, що додаткове легування такого матеріалу ванадієм забезпечує підвищення рівня механічних властивостей та строк експлуатації формуючого інструменту. В роботі вивчено взаємозв'язок якості макроструктури та рівня властивостей знов розробленого чавуну за допомогою металографічних методів дослідження. Встановлено, що виливки з такого чавуну схильні до утворення центральної поруватості та підкоркового пузиря та в меншому ступені до формування тріщин та структурних неоднорідностей, що забезпечило підвищення експлуатаційних характеристик формуючого інструменту.*

**Ключові слова:** валок, високолегований чавун, дефект, макроструктура, робочий шар, рівень властивостей.

Программа повышения конкурентоспособности металлопродукции предусматривает совершенствование используемого прокатного оснащения. Это связано с тем, что его состояние определяет не только эффективность работы стана, но и качество, сортамент выпускаемой продукции, выход годного и расход материалов. К такому оснащению следует отнести валки, предназначенные для придания заготовке необходимых размеров и форм, качества поверхности путем пластической деформации.

В связи с этим основными требованиями к формующему инструменту являются высокая твердость и термостойкость рабочего слоя при повышенной прочности сердцевины, шеек и трещин валка. Таким требованиям отвечают двухслойные изделия, рабочая поверхность которых изготавливается из высоколегированного материала, а сердцевина — из специального серого чугуна. При этом установлено, что эффективность эксплуатации прокатного инструмента зависит от стабильности химического состава материала рабочего слоя внутри одной группы валков. Поэтому важной научно-практической задачей является совершенствование валковых материалов путем разработки химических составов расплавов для образования рабочего слоя изделия, обеспечивающей одновременно получение годной отливки и необходимых эксплуатационных характеристик формующего инструмента.

Известно [1], что введение различных легирующих добавок в жидкий чугун способствует изменению дисперсности структуры, состава металлической матрицы и соотношения ее составляющих, характера графитовых включений, а, следовательно, уровня свойств и напряженного состояния отливки в целом.

## II. Результати наукових досліджень

В результате проведения специальных исследований, касающихся влияния легирующих компонентов на структуру валкового чугуна, и разработки на их основе новой химической композиции, обеспечивающей необходимый уровень свойств металла рабочего слоя [2–5], получено, что высокими показателями твердости и стойкости к износу характеризуются валки с рабочим слоем из чугуна типа “нихард”. Установлено, что дополнительное введение в состав такого чугуна марганца, меди, молибдена способствует повышению прочности, износо- и термостойкости рабочего слоя прокатных валков.

Введение в хромоникелевый чугун присадок ниобия оказало измельчающее действие на структуру и способствовало увеличению уровня твердости. Вместе с тем такие отливки характеризовались более высоким уровнем напряжений (оценено согласно методике [6]) по сравнению с изделиями, для изготовления которых использован хром-никель-молибденовый чугун.

Экспериментальные исследования по введению в чугун “нихард” вольфрама [3–4] показали, что такой компонент способствует измельчению и повышению однородности структуры рабочего слоя, а, следовательно, и равномерному уровню напряжений вдоль рабочей поверхности. Получен более высокий (по сравнению с валками, легированными ниобием) уровень твердости, а, следовательно, и стойкости к износу за счет увеличения количества карбидной составляющей в исследуемом чугуне. Однако, получение качественного рабочего слоя (для растворимости такого тугоплавкого компонента) потребовало разработки специальной технологии введения вольфрама в валковый расплав.

Более действенным методом в сохранении структуры и уровня свойств рабочего слоя валков в процессе их эксплуатации при повышенных температурах явилось легирование чугуна ванадием [5]. Исследованиями определено, что при легировании исследуемого чугуна ванадием повышается стабильность свойств от одного изделия к другому, что обеспечено равномерностью их структуры. Все опытные образцы характеризовались незначительным количеством измельченного графита и одинаковой долей карбидной фазы. Получено, что одновременное повышение уровня свойств рабочего слоя формирующего инструмента (твердости и временного сопротивления при изгибе) при незначительном снижении напряжений обеспечивается путем уменьшения в валковом чугуне никеля до 1% и увеличения хрома и ванадия (до 12% и 5% соответственно). При этом доля молибдена не превышает 0,5–1,5% [5].

Вместе с тем, уровень измеряемых свойств в значительной степени зависит от размера зерна структуры опытных образцов, наличия в них пористости, сегрегации, отбеливания и других дефектов.

В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение взаимосвязи качества макроструктуры и уровня свойств хром-никель-молибден-ванадиевого чугуна. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- оценено влияние макроструктуры исследуемого чугуна на уровень его свойств (твердости и прочности при изгибе);
- исследована зависимость уровня свойств от наличия макродефектов в теле анализируемых образцов.

Для выявления особенностей строения разрабатываемого материала оценивали поверхность излома опытных образцов. Согласно методике [7] все исследуемые образцы оценивали по форме, строению и способности к отражению света. Установлено, что более хрупкие образцы (временное сопротивление при изгибе которых в среднем составило 665,69 МПа) характе-

ризовались ровными изломами кристаллического или крупнокристаллического строения (табл. 1).

Таблица 1

Оценка макроструктуры образцов с различным уровнем свойств

№ плавки	Оценка излома		средние значения свойств	
	по форме	по строению	временного сопротивления при статическом изгибе, $\sigma_{изг}$ , МПа	твердости, НВ
1	ровный	кристаллический	565,2	–
2	ровный	крупнокристаллический	695,2	428
3	ровный	кристаллический	656,1	457,1
4	ровный	крупнокристаллический	649,5	415
5	ровный	кристаллический	762,45	619,3
6	с выступом	мелкокристаллический	663,9	648,7
7	с выступом	мелкокристаллический	797,7	609,7
8	с выступом	мелкокристаллический	828,5	627

Из табл. 1 следует, что на образцах с максимальными значениями прочности (среднее показание  $\sigma_{изг} = 763,4$  МПа) наблюдались мелкокристаллические изломы с выступом. При этом показано, что на уровень твердости значительное влияние оказывает кристаллическое строение образца (рис. 1): чем крупнее зерно, тем ниже уровень твердости.

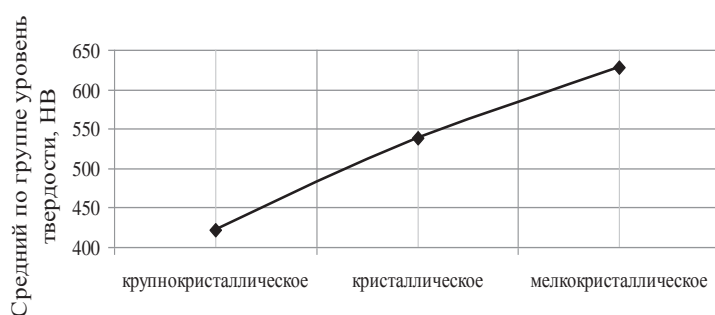


Рис. 1. Зависимость уровня прочности от строения излома образца

Анализ изломов по способности к отражению света показал, что при прочих равных условиях образцы с матовой поверхностью характеризуются меньшей прочностью, чем со светлой. Вместе с тем во всех исследуемых образцах наблюдались дефекты макроструктуры, которые в значительной степе-

## II. Результати наукових досліджень

ни определяли уровень свойств. Показано, что на образцах наиболее часто встречались центральная пористость и подкорковый пузырь (табл. 2). При этом показано, что такие дефекты имели максимальные размеры среди анализируемых случаев (табл. 3).

Исследования зависимости уровня свойств от наличия макродефектов в теле образца (табл. 1–3) показали, что минимальное среди сравниваемых темплетов значение временного сопротивления при статическом изгибе наблюдается при центральной пористости, подкорковом пузыре и межкристаллитной трещине. Они характеризовались максимальным баллом в соответствии со стандартной шкалой. Снижение балла таких дефектов при прочих равных характеристиках излома повысило уровня прочности на 16%, а образование вместо них общей структурной ликвации — на 35%. При этом твердость повысилась на 35%.

Таблица 2

### Анализ распределения дефектов по видам, наблюдаемым в исследуемых образцах

Вид дефекта	Количество случаев	
	штук	%
Центральная пористость	6	43
Общая ликвация	1	7
Подкорковый пузырь	4	29
Межкристаллитные трещины	1	7
Послойная кристаллизация	1	7
Светлая полоса	1	7
Всего	14	100

Таблица 3

### Анализ распределения дефектов, наблюдаемых в исследуемых образцах, по баллам согласно шкалам ГОСТа 10243-75

Вид дефекта	Количество случаев									
	1 балл		2 балл		3 балл		4 балл		5 балл	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Центральная пористость			2	14					4	30
Общая ликвация					1	7				
Подкорковый пузырь			1	7			2	14	1	7
Межкристаллитные трещины							1	7		
Послойная кристаллизация	1	7								
Светлая полоса	1	7								
Всего	2	14	3	21	1	7	3	21	5	37

Одновременное увеличение размера кристаллов и размера дефектов показало снижение уровня прочности и твердости на 8% и 31%, соответственно. Наличие последовательной кристаллизации и отбела при крупнокристаллическом строении излома привело к более значительному снижению свойств, чем при центральной пористости или подкоркового пузыря (даже при максимальном размере).

Таким образом, оценка влияния макроструктуры образцов на уровень свойств показало, что вновь разработанный валковый чугун, содержащий хром, ванадий, никель и молибден, характеризовался более равномерной и плотной по сравнению с хромоникелевым материалом структурой, что оказало положительное влияние на повышение уровня свойств. Установлено, что отливки из такого чугуна склонны к образованию центральной пористости и подкоркового пузыря и в меньшей степени к формированию трещин и структурных неоднородностей, что повысило эксплуатационные характеристики формующего инструмента.

Вместе с тем, формирование качественной отливки обеспечивается путем сваривания высоколегированного сплава рабочего слоя со специальным серым чугуном, что неизбежно приводит к их смешиванию и переходу карбидообразующих компонентов в сердцевину, снижающих ее прочностные характеристики. Поэтому перспективным направлением исследований является разработка материала для сердцевины валков с таким рабочим слоем.

*Эффективность работы прокатного стана и конкурентоспособность металлопродукции зависит от качества валков, рабочий слой которых изготавливают из высоколегированного чугуна. Показано, что дополнительное легирование такого материала ванадием обеспечивает повышение уровня механических свойств и срок эксплуатации формующего инструмента. В работе изучена взаимосвязь качества макроструктуры и уровня свойств вновь разработанного чугуна с помощью металлографических методов исследования. Установлено, что отливки из такого чугуна склонны к образованию центральной пористости и подкоркового пузыря и в меньшей степени к формированию трещин и структурных неоднородностей, что обеспечило повышение эксплуатационных характеристик формующего инструмента.*

**Ключевые слова:** валок, высоколегированный чугун, дефект, макроструктура, рабочий слой, уровень свойств.

*The quality of rolls affects effectiveness of rolling shifts functioning and competition of metal ingot. Its working layer makes from high alloyed cast iron. It has been showed that additional alloying of such material by vanadium ensures rise of mechanical properties' level and time of forming instruments exploitation. The intercommunication of macrostructures quality and properties' level of first developing cast iron has been studied with metallography methods of researches in this paper. It have been determined that castings of such cast iron are inclined to formation of central porosity and under-crust bubble and less to formation of cracks and structural heterogeneities. It ensured rise of exploitations characteristics of forming instrument.*

**Keywords:** defect, high alloyed cast iron, level of properties, macrostructure, roll, working layer.

## II. Результати наукових досліджень

1. *Гиршович Н. Г.* Кристаллизация и свойства чугуна в отливках. – М.: Машиностроение, 1966. – 562 с.
2. *Будагьянц Н. А.* Влияние легирования на качество, структуру и свойства рабочего слоя прокатных валков / Н. А. Будагьянц, Н. А. Жижкина, В. И. Кондратенко, Ю. В. Дяченко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ: СНУ, 2003. – № 11. – С. 170–174.
3. *Жижкина Н. А.* Оценка влияния химического состава и скорости кристаллизации на уровень свойств центробежнолитых валков / Н. А. Жижкина, Т. С. Скобло, Н. А. Будагьянц // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСХ ім. П. Василенка, 2007. – № 67, Т. 1. – С. 134–138.
4. *Пат. 23995 Україна, МПК (2007) С 22 С 38/00.* Зносостійкий сплав для прокатних валків: Пат. 23995 Україна, МПК С 22 С 38/00 / Н. О. Можарова, Т. С. Скобло, О. І. Сідашенко, В. М. Власовець, О. Д. Мартиненко, М. А. Будаг'янц, Н. О. Жижкіна (Україна). – № U 200702048; Заявл. 26.02.2007; Опубл. 11.06.2007, Бюл. № 8. – 8 с.
5. *Чавун: Заявка u 201401357, МПК (2014) С 22 С38/22, С 22 С 38/24, С 22 С 38/46 / Н. О. Жижкіна, М. А. Будаг'янц, Ю. І. Гутько, М. М. Ямшинський.* – № u 201401357; Заявл. 12.02.2014; Опубл. 12.02.2014.
6. *Будагьянц Н. А.* Методы исследования качества валков / Н. А. Будагьянц, Н. А. Жижкина // Тезисы докладов V Международной научно-практической конференции «ЛИТЬЕ-2009», г. Запорожье, 24–26 марта 2009. – К.:ФТІМС НАН України, 2009. – С. 142–143.
7. *Богомолова Н. А.* Практическая металлография. – М.: Высшая школа, 1978. – 272 с.