

УДК 669.018.258:621.771

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАБОТУ УДАРА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ Cr-Mo-V-(Si) СТАЛЕЙ

О. В. Пересаденко\*, И. П. Волчок\*\*, д. т. н., проф.

\* ПАО «Электрометаллургический завод «Днепроспецсталь» им. А. Н. Кузьмина»

\*\* Запорожский национальный технический университет

Инструменты для горячей обработки металлов, как например, пресс-формы для литья под давлением, представляют собой обширную и дорогостоящую номенклатуру. Во время эксплуатации инструмент подвергается многократным нагрузкам, влияющим на срок его службы. Стойкость инструмента зависит от многочисленных факторов, таких как его конструкция, термообработка, эксплуатация и обслуживание, существенное влияние оказывает качество используемой стали. Производство данного инструмента из стали 4Х5МФС по требованиям ГОСТ 5950-73 и ТУ 14-1-335-72, не пересматриваемых уже около 30 лет, является одной из главных причин низкой и нестабильной стойкости тяжело нагруженных деталей кузнечной оснастки и литейных форм в эксплуатации.

Зарубежные фирмы, эксплуатирующие горячештамповую оснастку, объединившиеся в ассоциацию, разработали специальные требования [1], выполнение которых изготовителями инструментальной стали обеспечивает потребителю получение высококачественной металлопродукции, имеющей однородные по сечению высокие механические свойства и структурные характеристики, что позволяет существенно увеличить работоспособность и долговечность инструмента.

Многими производителями штамповой инструментальной стали используется общепризнанная методика оценки ее качества по микроструктуре путем сравнения со шкалами таких стандартов, как NADCA и SEP1614, которые включают приемочные критерии для отожженного металла.

Для обеспечения микроструктуры отожженного проката, соответствующей требованиям зарубежных стандартов, на заводе «Днепроспецсталь» разработана и внедрена технология регламентируемого охлаждения проката стана 550 [2], которая позволила избавиться от образования в микроструктуре карбидной сетки и грубоиглолистчатого мартенсита.

Однако классификация качественных показателей стали только по структуре отжига не позволяет сделать вывод о стойкости и работоспособности инструмента. Известно [3], что на сопротивление преждевременному образованию разгарных трещин на оснастке основное влияние оказывает повышенная работа удара (вязкость) стали, которая для вакуумированного металла по спецификациям фирмы «Bohler» и NADCA в поперечном направлении на  $\frac{1}{2}$  радиуса прутков должна быть не ниже 200 Дж.

Ранее заводом «Днепроспецсталь» не производился прокат Cr-Mo-V-(Si) вакуумированных сталей с обеспечением требований зарубежных потребителей по работе удара.

С целью определения уровня работы удара стали 4Х5МФС и первостепенных факторов, оказывающих на него влияние, проведены испытания меха-

## Строительство, материаловедение, машиностроение

нических свойств в поперечном направлении относительно деформации проката со станов 550 и 1050 и исследована микроструктура до и после отжига.

Различие в технологии производства металлопродукции данной марки на станах 550 и 1050 заключается не только в степени деформации, но и в том, что на выходе со стана 550 производится ускоренное охлаждение проката, а со стана 1050 – замедленное в колодцах во избежание образования трещин.

Определение работы удара проводились на образцах без надреза  $7 \times 10 \times 55$  мм согласно SEP1314, термообработанных на твердость  $45 \pm 2$  HRC. Образцы вырезались на трех расстояниях по сечению проката: 12,5 мм от поверхности,  $\frac{1}{2}$  радиуса и центральная зона. Вследствие условий напряжения внутри образца пластичность стали характеризуется измеряемой энергией удара.

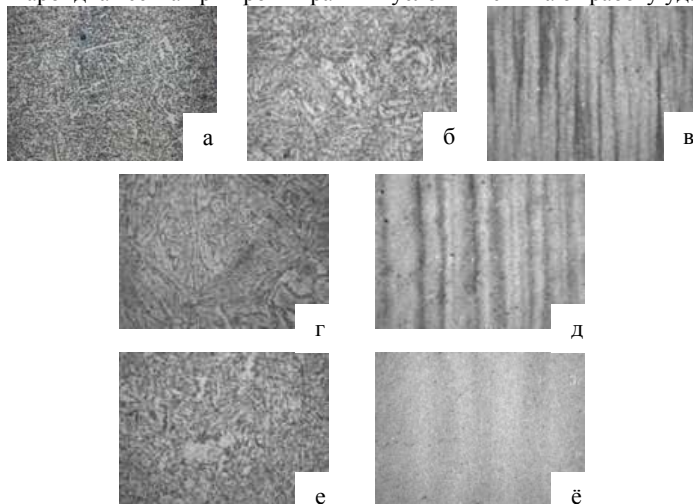
В связи с тем, что значения работы удара проката со стана 550 диаметром 105 мм до и после отжига (табл. 1) на трех расстояниях находятся на одном уровне и составляют более 200 Дж, можно утверждать, что проведение отжига не оказывает определяющего влияния на вязкость металла после окончательной термообработки (закалка + двойной отпуск). Следует отметить, что прохождение в структуре металла бейнитно-мартенситного превращения в процессе охлаждения и получение после отжига как допустимой (рис. 1, а), так и недопустимой (рис. 1, б) микроструктуры при оценке по шкалам SEP 1614 и NADCA не сказалось на получении удовлетворительных результатов испытаний (табл. 1).

Таблица 1

*Результаты механических испытаний проката стали 4X5MΦC после термообработки на твердость  $45 \pm 2$  HRC*

Диаметр, мм	Штан га	Отбор проб	Работа удара, Дж		
			Расстояние от поверхности		
			12,5 мм	$\frac{1}{2}$ радиуса	центр
105	№ 1	до отжига	$\frac{295 \div 299}{297}$	$\frac{279 \div 300}{291}$	$\frac{296 \div 300}{298}$
		после отжига	$\frac{248 \div 300}{281}$	$\frac{248 \div 271}{256}$	$\frac{240 \div 258}{250}$
	№ 2	до отжига	$\frac{244 \div 279}{261}$	$\frac{260 \div 267}{263}$	$\frac{217 \div 266}{234}$
		после отжига	$\frac{240 \div 290}{261}$	$\frac{245 \div 267}{258}$	$\frac{244 \div 250}{246}$
	№ 3	до отжига	$\frac{254 \div 298}{283}$	$\frac{293 \div 298}{296}$	$\frac{289 \div 298}{295}$
		после отжига	$\frac{244 \div 295}{272}$	$\frac{290 \div 300}{294}$	$\frac{233 \div 300}{276}$
170	№ 1	после отжига	$\frac{174 \div 237}{213}$	$\frac{178 \div 251}{209}$	$\frac{179 \div 210}{190}$
185	№ 1		$\frac{210 \div 256}{236}$	$\frac{171 \div 211}{185}$	$\frac{180 \div 198}{188}$
Требование зарубежных потребителей			не менее		-
			200	200	

Испытания металла со стана 1050 (см. табл. 1) в профилях диаметром 170 и 185 мм показали значения работы удара значительно ниже проката со стана 550 и ниже требуемых. Микроструктура проката недопустимая (рис. 1, г) и характеризуется наличием замкнутой карбидной сетки и неоднородностью распределения карбидной фазы, что связано со скоростью последеформационного охлаждения. Структурная полосчатость исследуемого металла как крупных (рис. 1, д), так и более мелких сечений (рис. 1, в) находится на одном уровне развития, при этом степень ликвации увеличивается при продвижении от поверхности к центру штанг. Таким образом, снижение степени деформации и карбидная сетка при прочих равных условиях снижают работу удара.



**Рис. 1.** Микроструктура проката со станов 550 (а, б, в), 1050 (г, д) и поковок (е, ё) из стали 4X5MFC с оценкой по шкале SEP 1614: а – GC1, × 500; б - GC3, × 500; в - SB3, × 50; г - GE3, × 500; д - SB3, × 50; е - GC3, × 500; ё - SA3, × 50

Для подтверждения данной гипотезы проведены сравнительные исследования поковок сечением 135×280 мм из стали 4X5MFC-III с той же степенью деформации, что и на стане 1050 и ускоренным охлаждением перед отжигом, во избежание образования карбидной сетки. Установлено, что при работе удара свыше 250 Дж по всему сечению поковок микроструктура характеризуется практически отсутствием полосчатости (рис. 1, ё) и неудовлетворительной микроструктурой отжига (рис. 1, е), свидетельствующей о прохождении бейнитного превращения. Это указывает на то, что степень деформации проката со стана 550 нивелирует отрицательное влияние на работу удара таких структурных факторов, как наличие полосчатости.

Таким образом, основными факторами, влияющими на увеличение срока службы инструмента, которое определяется значением работы удара, затра-

ченной на разрушение образца, являются степень деформации металла, интенсивность развития структурной полосчатости и наличие карбидной сетки.

С целью получения работы удара в поперечном направлении проката со стана 1050 не ниже 200 Дж на заводе «Днепроспецсталь» ведутся работы по совершенствованию режима гомогенизации слитков и последеформационного охлаждения сорта.

Решение данной проблемы позволит повысить класс качества металлопродукции из стали 4X5МФС и поднять его до уровня мировых стандартов.

#### **Выводы**

1. Доказано, что проведение отжига и ориентация отожженной микроструктуры не оказывает определяющего влияния на работу удара после окончательной термической обработки.

2. Установлено, что степень деформации проката со стана 550 нивелирует отрицательное влияние структурных факторов на работу удара.

3. Определено, что основными факторами, влияющими на уровень работы удара в стали 4X5МФС являются степень деформации, интенсивность развития структурной полосчатости и наличие карбидной сетки в микроструктуре металла.

#### **Использованная литература**

1. Premium Quality H-13 Steel Acceptance Criteria for Pressure Die Casting Dies: NADCA nr 207-97. North American Die Casting Association, River Grove, Illinois, USA, 1997.

2. Совершенствование технологии производства проката диаметром 45-130 мм из стали 4X5МФ(1)С / О.В. Пересащенко, И.П. Волчок, А.С. Сальников [и др.] // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. Вып. 58. – Дн-вск., ПГАСА, 2011.- С.541-544.

3. Dr. Kumar M. Iyer. Selecting steels for high pressure die casting dies / Kumar M. Iyer // Metalworld. – January 2008. - p. 8-13.