

УДК 621.73

Логозинский И. Н.
Тумко А. Н.
Фомин Е. С.
Сальников А. С.
Левин Б. А.
Жбанков Я. Г.

ПОВЫШЕНИЕ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ СЛИТКОВ СТАЛИ X12MФ

Штамповая сталь X12MФ (1.2379 по DIN 17350) нашла широкое применение в инструментальном производстве. Потребность мирового рынка в поковках и прокате этой стали постоянно возрастает. В то же время увеличение объемов производства металлопродукции из стали X12MФ сдерживается технологическими особенностями ее деформационного передела, связанными с пониженной деформируемостью слитков.

В условиях ПАО «Днепроспецсталь» проведен ряд работ [1–4] по совершенствованию технологических режимов выплавки и деформационного передела стали X12MФ. Технология выплавки данной стали предусматривает максимальное удаление газов, вредных примесей (серы и кислорода) и оптимизацию содержания раскислителей. Использование указанных элементов технологии обусловлено как требованиями к качеству металла, так и необходимостью обеспечения максимальной технологической пластичности при деформации слитков. Однако устранить наличие хрупкой сетки карбидов в структуре слитка технологическими приемами в сталеплавильном производстве стали не удается. По этой причине при ковке слитков на поверхности металла образуются грубые рванины, которые могут быть удалены путем вырубki специальным инструментом – ройкой (рис. 1) или зачищены абразивными кругами [1].

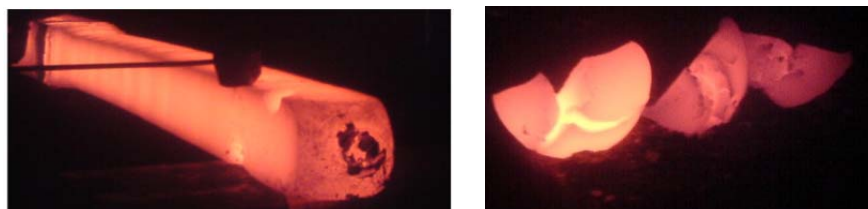


Рис. 1. Удаление дефекта ройкой

Целью данной работы является исследование и определение оптимальных температурных условий деформирования слитков стали X12MФ, позволяющих повысить их технологическую пластичность.

Пониженная деформируемость слитков стали X12MФ объясняется наличием в структуре большого количества избыточных карбидов, образующих сплошную сетку по границам первичных зёрен с участками ледебуритной эвтектики. Непрерывный нагрев слитков до температуры солидуса легкоплавких участков – эвтектик (1200–220 °С), выдержка при этой температуре и последующее охлаждение до температуры деформации 1160 °С обеспечивает растворение тонких «перегородок» сетки и коагуляцию карбидных образований с увеличением их размеров (рис. 2). Это повышает технологическую пластичность. Во время выдержки при температуре 1250 °С происходит коагуляция крупных карбидов до недопустимо больших размеров и, как следствие, происходит снижение пластических характеристик металла [5].

Оптимальную температуру начала деформации 1160 °С выбрали на основании пластометрических исследований, проведенных на торсионном пластометре, установленном в институте «УкрНИИ Спецсталь» (г. Запорожье). Исследование реологических свойств стали X12MФ проводили в диапазоне температур 950–1230 °С при скоростях деформации 0,5 и 5 с⁻¹. Зависимости числа скручиваний до разрушения от температуры и скорости деформации приведены на рис. 3. Эти данные подтвердили ранее полученные результаты работы [3, 4]

по улучшению пластичности стали X12MФ за счет вакуумирования при выплавке: вакуумирование стали расширяет температурный диапазон удовлетворительной горячей пластичности в сторону низких температур (см. рис. 3).

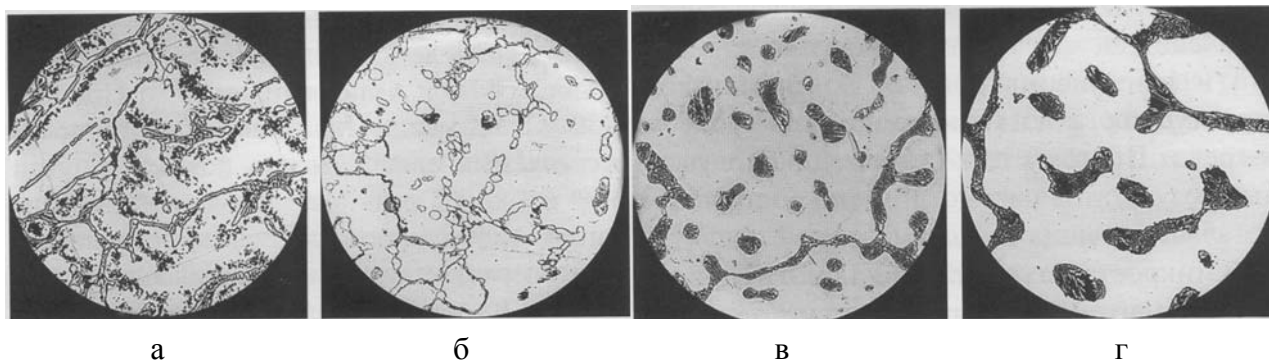


Рис. 2. Микроструктура исследуемых образцов стали X12MФ [5]:

а – в исходном состоянии; б – после выдержки при температуре 1200 °С; в – после выдержки при температуре 1225 °С; г – после выдержки при температуре 1250 °С

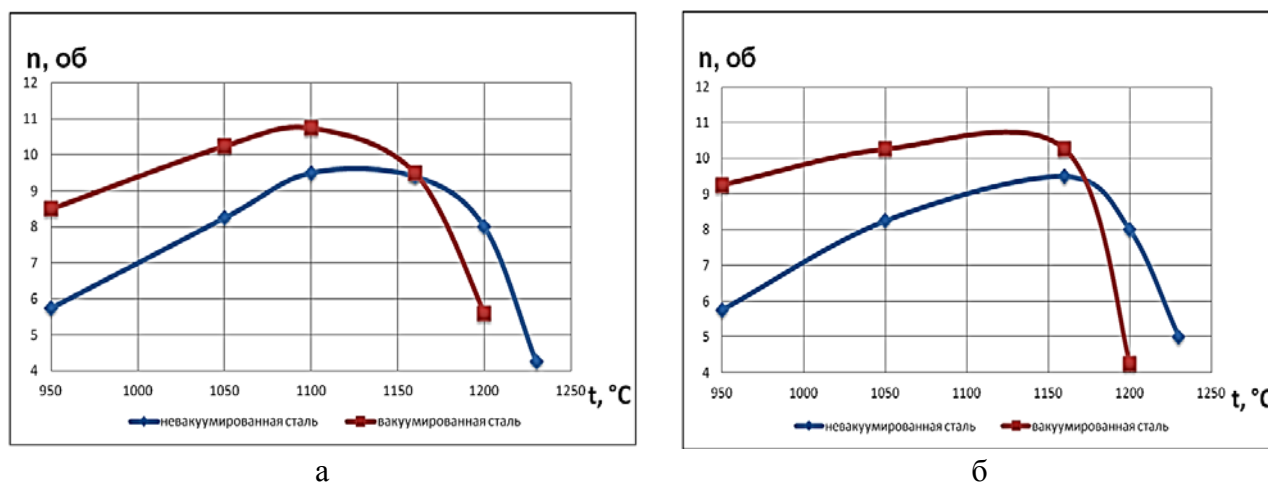


Рис. 3. Зависимость числа оборотов до разрушения (n) от температуры деформации (t) стали X12MФ без вакуумирования и с вакуумированием:

а – при скорости деформации 5 с^{-1} ; б – при скорости деформации $0,5 \text{ с}^{-1}$

Число скручиваний образцов до разрушения вакуумированной стали при скорости деформации $0,5\text{-}5 \text{ с}^{-1}$ имеет высокие значения (от 9 до 11 оборотов) в диапазоне температур 950 – 1160 °С. При температуре 950 °С возможна пластическая деформация слитков стали X12MФ-В с вакуумированием без макроразрушений металла. Для стали без вакуумирования минимально допустимой температурой горячей деформации является 1050 °С. Но при этом сталь X12MФ без вакуумирования можно нагревать и при температуре 1200 °С, так как число скручиваний до разрушения при этой температуре составляет 8 оборотов.

Основываясь на этих данных, в условиях ПАО «Днепропетцсталь» разработаны и опробованы режимы нагрева, направленные на повышение технологической пластичности ледебуритной стали X12MФ (табл. 1).

Часть слитков, которые нагревали с использованием выкотемпературных режимов, была передана на промежуточную абразивную зачистку (табл. 2). Ковку слитков на круглые поковки производили по схеме квадрат-квадрат-круг. Ковку слитков на полосовые профили произвели по схеме полоса-полоса. Следует отметить, что при ковке полосовых профилей вероятность образования поверхностных дефектов повышается, что объясняется более интенсивным охлаждением в процессе ковки полосовых профилей, чем при ковке квадратной заготовки.

Таблица 1

Режимы нагрева слитков стали X12МФ

№ п/п	Технология нагрева	Длительность нагрева, ч
1	Нагрев без высокотемпературной обработки слитков: – нагрев со скоростью 60 °С/ч до температуры 1160 °С; – минимальная выдержка при температуре 1160 °С – 1 час 45 мин.	8
2	Высокотемпературная обработка слитков (ВТО) №1: – нагрев со скоростью 60 °С/ч до температуры 1200 °С; – выдержка при температуре 1200 °С – 2 часа; – понижение до температуры 1160 °С; – выдержка при температуре 1160 °С – 3 часа.	13
3	Высокотемпературная обработка слитков (ВТО) № 2: – нагрев со скоростью 60 °С/ч до температуры 1220 °С; – выдержка при температуре 1220 °С – 2 часа; – понижение до температуры 1160 °С; – выдержка при температуре 1160 °С – 3 часа.	13
4	Высокотемпературная обработка слитков (ВТО) № 3: – нагрев со скоростью 60 °С/ч до температуры 1200 °С; – выдержка при температуре 1200 °С – 3 часа; – понижение до температуры 1160 °С; – выдержка при температуре 1160 °С – 3 часа.	14

Таблица 2

Результаты передела слитков X12МФ

Режим нагрева (см. табл. 1)	Масса слитка, т	Профиль поковки	Задано слитков, шт.	Промежуточная зачистка заготовки	
				шт.	%
Нагрев без ВТО	3,6	круг	170	55	32 %
		полоса	37	8	21 %
	4,3	круг	72	19	26 %
		полоса	62	21	34 %
Итого			341	103	30 %
ВТО № 1	3,6	круг	119	13	9 %
		полоса	40	5	12,5 %
	4,3	круг	105	11	10,5 %
		полоса	64	14	21,8 %
Итого			328	43	13,1 %
ВТО № 2	3,6	круг	17	5	29 %
		полоса	10	5	50 %
	4,3	круг	10	1	10 %
		полоса	4	2	50 %
Итого			41	13	31,7 %
ВТО № 3	3,6	круг	54	5	9 %
		полоса	12	3	25 %
	4,3	круг	28	6	21,4 %
		полоса	13	4	30,7 %
Итого			107	18	16,8 %

Использование двух режимов высокотемпературных нагревов (ВТО № 1 и ВТО № 3) позволило уменьшить количество поверхностных дефектов (ковочных рванин), удаляемых с помощью ройки в процессе свободнойковки и с помощью абразивных кругов после промежуточного охлаждения и отжига. Режим нагрева ВТО № 2, включающий нагрев до 1220 °С, не позволил улучшить деформируемость слитков: после такого нагрева 31,7 % слитков подвергались промежуточной зачистке (см. табл. 2).

В результате передела слитков было установлено, что предварительный нагрев слитков массой 3,6 т и 4,3 т до температуры 1200 °С с выдержкой 2 часа (ВТО № 1) и последующим понижением до температуры деформации 1160 °С в большей степени повышает

технологическую пластичность стали X12MФ, чем другие режимы нагрева. Его внедрение обеспечило снижение количества слитков, передаваемых в промежуточном профиле на зачистку поверхности, с 30 до 13 %, больше, чем в 2 раза.

Для устранения поверхностных дефектов слитков абразивной зачисткой необходимо прекратить процессковки, замедленно охладить и отжечь раскованные слитки, удалить поверхностные дефекты абразивной зачисткой и повторно нагреть заготовки на ковочную температуру. Эти дополнительные операции увеличивают длительность передела слитков, повышают расход металла в абразивную пыль и окалину, повышают расход энергоресурсов, что значительно повышает себестоимость металлопродукции.

Нагрев 328 слитков по режиму ВТО № 1 (см. табл. 1, 2) перед ковкой обеспечил снижение расходов по пределу на 600 000 грн по сравнению с нагревом по действующей технологии без высокотемпературной обработки, несмотря на большие затраты энергоресурсов при первичном нагреве слитков под ковку.

ВЫВОДЫ

Разработан эффективный режим высокотемпературной термической обработки слитков стали X12MФ, повышающий технологическую пластичность, который включает выдержку при температуре 1200 °С, снижение температуры и выдержку при температуре 1160 °С перед ковкой.

Установлены оптимальные температурные условияковки слитков стали X12MФ на прессах для плавок с вакуумированием (1160–950 °С) и без вакуумирования (1200–1050 °С).

Внедрение технологии высокотемпературной обработки слитков наряду с оптимальными температурными условиямиковки в условиях ПАО «Днепроспецсталь» позволило уменьшить количество слитков, передаваемых на промежуточную зачистку, с 30 до 13 % и за счёт этого снизить затраты на передел, за 2 года получить экономию 600 000 грн.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Производство крупных поковок из высокохромистых ледебуритных сталей / А. Н. Тумко, С. С. Казаков, С. В. Ревякин, В. Г. Лесничий // *Сталь*. – 1996. – № 5. – С. 56–58.
2. Разработка и исследование технологии выплавки слитка ЭШП диаметром 800 мм без поверхностных дефектов / С. В. Давидченко, И. Н. Логозинский, И. М. Билонник, А. С. Сальников, М. И. Гасик, А. Ю. Кузьменко // *Современная электрометаллургия*. – 2010. – № 2. – С. 3–7.
3. Замена операцииковки прокаткой на заводе «Днепроспецсталь» / А. Н. Тумко, С. В. Ревякин, С. С. Казаков, П. М. Аврунин, А. И. Лобов // *Производство проката*. – 2000. – № 5. – С. 2–5.
4. Определение технологической пластичности слитков стали типа X12 и X12MФ с использованием пластометра / А. Н. Тумко, С. В. Ревякин, О. Е. Козлов, Я. И. Спектор // *Сталь*. – 2002. – № 9. – С. 84–86.
5. Потапов А. И. Деформируемость литых высокоуглеродистых хромистых сталей / А. И. Потапов // *Кузнечно-штамповочное производство*. – 2004. – № 7. – С. 11–16.

Логозинский И. Н. – зам. техн. дир. (по технологии) ПАО «Днепроспецсталь»;

Тумко А. Н. – канд. техн. наук, зам. нач. ЦЗЛ ПАО «Днепроспецсталь»;

Фомин Е. С. – аспирант, вед. инженер ЦЗЛ ПАО «Днепроспецсталь»;

Сальников А. С. – канд. техн. наук, нач. ЦЗЛ ПАО «Днепроспецсталь»;

Левин Б. А. – начальник технического отдела ПАО «Днепроспецсталь»;

Жбанков Я. Г. – канд. техн. наук, ст. преп. каф. ОМД ДГМА.

ПАО «Днепроспецсталь» – Публичное акционерное общество «Электрометаллургический завод «Днепроспецсталь» им. А. Н. Кузьмина», г. Запорожье.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: czlzn1@dss.com.ua