



УДК 669.187.2:533.9

ПОВЕДЕНИЕ ГАЗОВЫХ ПРИМЕСЕЙ ПРИ ПЛАЗМЕННО-ДУГОВОМ ПЕРЕПЛАВЕ ЗАГОТОВКИ, СКОМПАКТИРОВАННОЙ ИЗ СТРУЖКИ АУСТЕНИТНЫХ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

В. А. Шаповалов, В. Р. Бурнашев,
Д. М. Жиров, Ю. А. Никитенко, А. В. Гнатушенко

Исследован состав газовой фазы при плазменно-дуговом переплаве заготовки, скомпактированной из неочищенной стружки. Результаты анализа на содержание газов и углерода в полученном слитке свидетельствуют о возможности переработки такой стружки по предложенному способу.

Composition of gas phase in plasma-arc remelting of billet, compacted of rude chips was investigated. Results of analysis for content of gases and carbon in the produced ingot prove the feasibility of recycling of these chips using the offered method.

Ключевые слова: плазменно-дуговой переплав; заготовка, скомпактированная из стружки аустенитных сталей; газы; водород

При обработке стальных заготовок на металлорежущих станках образуется значительное количество стружки, загрязненной различными смазывающе-охлаждающими жидкостями (вода, масло и специальные добавки). Для увеличения насыпной массы и уменьшения угара при переплаве стружку предварительно подвергают брикетированию. При ее подготовке к использованию в качестве шихты наиболее сложной технологической операцией является очистка [1].

В Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины разработан способ компактирования металлической шихты под током, при котором благодаря интенсивному нагреву происходит десорбция и испарение из стружки влаги, газов и углеводородов [2]. Для оценки эффективности удаления загрязнений исследован состав атмосферы камеры печи при плазменно-дуговом переплаве заготовки, скомпактированной по указанному выше способу из неочищенной стружки смеси аустенитных нержавеющей сталей X18H10T и X18H9, определено содержание газов и углерода в полученном слитке.

Исследования проводили на установке УПП-3, оснащенной четырьмя плазмотронами прямого действия ПДМ-7. При подготовке к эксперименту все внутренние поверхности камеры очищали щеткой, затем ветошью, смоченной техническим спиртом. После этого заготовку диаметром 100 мм при-

репляли к механизму подачи, который обеспечивал ее перемещение со скоростью 2 мм/мин. Перед включением камеру объемом около 1 м³ вакуумировали, заполняли техническим аргоном до избыточного давления 10... 30 кПа, которое поддерживали в процессе всего переплава. При значении тока 300... 400 А, длине дуги 4... 7 см и расходе плазмообразующего газа на каждом плазмотроне 5 л/мин падение напряжения на дуге составляло 40... 60 В.

Концентрацию водорода, моно- и диоксида углерода в атмосфере печи определяли методом хроматографического анализа на приборе «Газохром 3101». Его тарировку производили с использованием следующих поверочных газовых смесей, подготовленных во Всеукраинском государственном научно-производственном центре стандартизации, метрологии, сертификации и защиты прав потребителей (Укрметргестстандарт): 1 % Н₂ в аргоне, 4 % СО и 1 % СО₂ в аргоне. Относительная погрешность измерения состава газа составляла ± 2,5 %. Отбор проб осуществляли из патрубка в верхней части установки, поэтому в показаниях возможно завышение содержания наиболее легких газов, по сравнению со средними концентрациями в камере.

В течение всего времени переплава в составе атмосферы печи моно- и диоксида углерода не выявлено. Концентрация углерода (табл. 1) в объеме слитка находится в регламентированных пределах для рассматриваемых сталей (≤ 0,12 согласно ГОСТ 977-72) и лишь в поверхностном слое превышает норму. Это является свидетельством преимущест-



Таблица 1. Содержание элементов в стали в различных областях слитка, мас. %

Область слитка	C	[O]	[N]	[H]
Край	0,15	0,025	0,092	0,0005
Центр	0,12	0,022	0,093	0,0004
Верх	0,16	0,023	0,049	0,0005

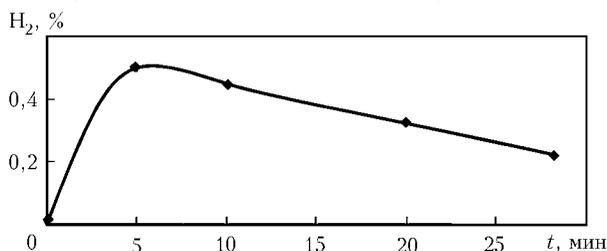
Таблица 2. Химический состав выплавленного слитка и требуемый по ГОСТ 5632-72, мас. %

Материал	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti
Слиток	0,12	0,63	1,3	18,4	10	0,3
X18H9	≤0,12	≤0,08	≤2,0	17...19	8...10	–
X18H10T	≤0,12	≤0,08	≤2,0	17...19	9...11	5-C-0,8

венного удаления углеродов из стружки во время ее компактирования под током. Для использования полученных слитков в производстве необходимо производить обдирку поверхностного слоя на 3... 5 мм.

Характер динамики содержания водорода в камере печи (рисунок) сходен с таковым при выплавке титана из прессованной заготовки на этой же установке [3]. Однако концентрация этого газа при переплаве скомпактированной под ток заготовки из стальной стружки ниже или находится на том же уровне при большей производительности, а снижение массовой доли водорода в атмосфере печи происходит значительно быстрее, чем при переплаве губчатого титана. Такая форма кривой объясняется изменением содержания паров воды в камере [4], вызванным, с одной стороны, резким увлажнением печной атмосферы из-за испарения адсорбированной влаги с поверхностей камеры и заготовки при нагреве в начальный период переплава, с другой, — постепенным понижением влажности благодаря продувке плавильного пространства сухим плазмообразующим газом. Массовая доля водорода в полученном слитке плазменно-дугового переплава составляет 0,0004... 0,0005 %, т. е. небольшая. Таким образом, содержание влаги в объеме скомпактированной заготовки незначительно.

Количество азота в стали довольно существенное (табл. 1). Это можно объяснить тем, что компактирование стружки под током выполняли в воздушной атмосфере, и, очевидно, при нагреве металла образовывались нитриды. Следует отметить, что увеличение содержания азота в стали X18H9 до 0,1 % положительно сказывается на качестве отливок, поскольку он является аустенитообразующим элементом, а мелкодисперсные нитриды упрочняют аустенитные стали [5]. Условиями компактирования можно объяснить и повышенное содержание кислорода в стали, которое приводит к увеличению загрязненности металла неметаллическими включениями, снижению уровня его пластических свойств, образованию трещин и уменьшению выхода годного [5]. С этой точ-



Динамика изменения содержания водорода в камере печи при плазменно-дуговом переплаве

ки зрения целесообразно проводить процесс в защитной среде, например в аргоне. Другим вариантом является раскисление стали при ее переплаве.

На основании указанных результатов при исследовании слитков можно сделать вывод о получении качественных заготовок деталей основного производства 3...5 групп контроля по ОСТ 1 00021. Во избежание отклонений по химическому составу (углерод, титан, никель) не допускается перемешивание стружки разного состава и загрязнение ее неметаллическими материалами (табл. 2).

Выводы

1. Анализ содержания углерода и водорода в стальном слитке, а также водорода и оксидов углерода в газовой фазе при плазменно-дуговом переплаве скомпактированной заготовки свидетельствует о преимущественном удалении углеродов и влаги из неочищенной стружки аустенитных нержавеющей сталей, которое происходит на стадии компактирования под током.

2. Повышенное содержание азота и кислорода в стальном слитке можно пояснить образованием нитридов и оксидов при компактировании под ток в воздушной атмосфере. Таким образом, компактирование заготовок целесообразно производить в аргоне либо выполнять раскисление металла при его переплаве.

3. У слитков, выплавленных из электродов, скомпактированных из неочищенной стружки, необходимо удалять поверхностный слой глубиной 3... 5 мм.

1. *Применение* индукционного нагрева при производстве брикетов из стальной стружки / П. С. Гурченко, А. И. Михлюк, М. И. Демин и др. // Индукционный нагрев. — 2009. — № 7. — С. 8–10.
2. *Пат. 79977* Украина, МПК С 22 В 1/248, В 22 F 3/12. Спосіб компактування металеві шихти / Б. Є. Патон, М. Л. Жадкевич, В. О. Шаповалов та ін. — Опубл. 10.08.07; Бюл. № 12.
3. *Исследование* состава газовой фазы при плазменно-дуговой плавке титана из прессованной заготовки / М. Л. Жадкевич, В. А. Шаповалов, В. В. Тэлин и др. // Современ. электрометаллургия. — 2004. — № 4. — С. 24–28.
4. *Динамика* состава атмосферы крупнотоннажной печи У-600 при плазменно-дуговом переплаве конструкционных сталей с рециркуляцией газа / А. А. Ждановский, Ю. В. Латаш, О. С. Забарилло и др. // Пробл. спец. электрометаллургии. — 1984. — № 20. — С. 92–96.
5. *Чуйко Н. М., Чуйко А. Н.* Теория и технология электроплавки стали. — Киев; Донецк: Виц. шк., 1983. — 248 с.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

Поступила 13.02.2012