



УДК 669.187.526.001.57

ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЕ КОМПАКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

**В. А. Шаповалов, Ф. К. Биктагиров, В. Р. Бурнашев,
В. И. Колесниченко, В. В. Степаненко, Н. В. Рейда,
О. В. Карускевич, Д. В. Ботвинко**

Дан краткий анализ технологических схем изготовления прессованной заготовки из некомпактной шихты для последующего переплава. Показаны перспективность и экономическая целесообразность прессования некомпактной шихты путем сочетания процессов электронагрева и незначительных усилий прессования без использования мощного и дорогостоящего прессового оборудования. Описано устройство опытной установки, приведены пооперационная технологическая схема прессования некомпактной шихты и основные технологические параметры процесса.

Brief analysis of process flow charts of producing a pressed billet of non-compact charge for next remelting is given. Shown are the challenges and economic rationality of pressing the non-compact charge by combination of processes of electric heating and negligible forces of pressing without application of powerful and expensive press equipment. The design of a pilot installation is described, successive operational flow chart of pressing the non-compact charge and main technological parameters of the process are given.

Ключевые слова: компактирование; расходумый электрод; пуансон; матрица; регенерация; металлооборот

Разработка новых энергосберегающих и дешевых технологий, а также соответствующего оборудования для создания замкнутого производства металлических материалов является весьма актуальной задачей.

Несмотря на довольно высокий уровень современного производства металлопродукции в процессе ее реализации образуется и накапливается огромное количество отходов, что обусловлено как особенностями технологии, так и техническими требованиями к готовой продукции. Учитывая, что за последние 40 лет образовался металлический фонд в размере около 40 млрд т, легко представить масштабы накопления вторичных ресурсов, которые необходимо направить в металлооборот. Особенно это касается дорогостоящих высокорекреационных и тугоплавких металлов (титан, цирконий, ниобий и др.).

Так, например, при обработке титана резанием в стружку уходит до 40 % металла, а при производстве титанового литья выход годного для изделий ответственного назначения составляет всего лишь 20...25 % [1]. За последнее время после мирового экономического кризиса возобновляется повышен-

ный интерес к титану, отличающемуся комплексом уникальных свойств, делающих его почти незаменимым в таких стратегически важных отраслях, как нефтегазовая, авиакосмическая, химическая и др. Страна, производящая (а таковой является Украина), но не потребляющая титан, превращается в сырьевой придаток и титановый век для нее долго не наступит [2].

В основной же массе отходы (и не только титановые) представляют собой кондиционный металл, который целесообразно возвращать в производство для его оптимизации и соответствующего удешевления себестоимости готовой продукции, полностью замкнув тем самым металлооборот.

Следует отметить, что определенная часть отходов, особенно крупногабаритных, используется непосредственно в плавильных агрегатах без предварительной подготовки. Однако существует целая гамма металлических материалов (стружка, обрезь, проволока, гранулированные порошки, губка и др.), дальнейшее использование которых без предварительного компактирования или вообще невозможно, или крайне затруднено и требует недешевых дополнительных технологических операций.

© В. А. ШАПОВАЛОВ, Ф. К. БИКТАГИРОВ, В. Р. БУРНАШЕВ, В. И. КОЛЕСНИЧЕНКО, В. В. СТЕПАНЕНКО, Н. В. РЕЙДА, О. В. КАРУСКЕВИЧ, Д. В. БОТВИНКО, 2011

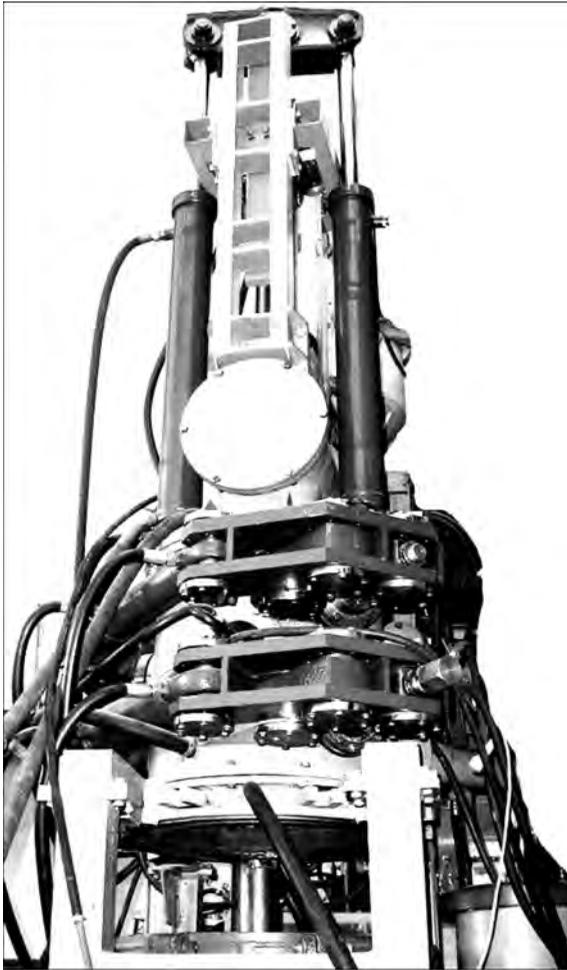


Рис. 1. Общий вид опытной установки компактирования металлических материалов

Поэтому проблема компактирования указанных материалов с целью их максимального вовлечения в металлооборот приобретает первостепенное значение, а необходимость ее решения является экономически обоснованной и целесообразной. Более того, попутно будет решена и немаловажная задача компактного транспортирования этих материалов к месту их дальнейшей переработки и рациональной загрузки в плавильные агрегаты.

Однако несмотря на обилие существующих новых способов компактирования металлических материалов (холодное прессование, спекание, штамповка, электроимпульсное брикетирование и пр.), они в силу ряда причин как технического, так и экономического характера не могут обеспечить получение качественных, крупногабаритных и дешевых компактных заготовок, пригодных для дальнейшего использования в металлообороте [3–6].

Среди основных недостатков нужно отметить следующие: ограниченная длина получаемой заготовки при прессовании в глухонную матрицу, невысокая плотность брикета при электроимпульсном компактировании, недостаточная прочность, наличие трещин и кривизны заготовок при холодном прессовании. Более того, для получения массивных заготовок способом холодного прессования необхо-

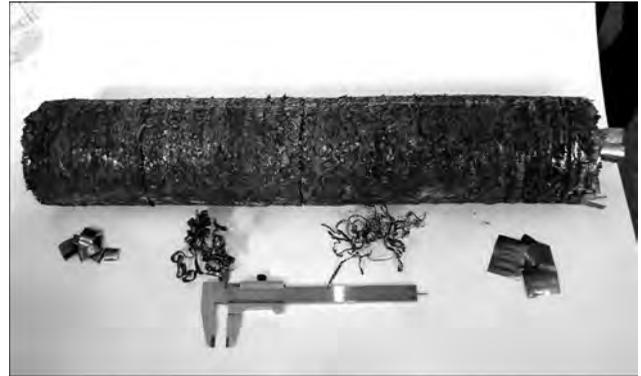


Рис. 2. Заготовка, полученная из титановой стружки различных видов

димо создавать колоссальные механические усилия с удельным давлением прессования свыше 500 МПа, т. е. использовать крупногабаритное и дорогостоящее оборудование (10 млн дол. США).

В связи со сложившейся ситуацией в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины предприняли попытку решить эту проблему, в результате чего разработана уникальная, на наш взгляд, высокоэффективная технология компактирования металлических материалов, суть которой заключается в совмещении процессов прессования и электротермического нагрева. Такое сочетание позволяет повысить пластичность компактируемого в специальной матрице материала и существенно (на 2 порядка) уменьшить усилия прессования. При этом исключается ряд технологических операций, характерных для традиционных схем прессования (вакуумный отжиг, сварка и т. п.), повышается качество получаемых заготовок.

К преимуществам предлагаемой технологии, по сравнению с зарубежными аналогами, следует отнести возможность получения длинномерных и крупногабаритных заготовок, поскольку процесс реализуется в проходной матрице с подводом тока непосредственно на формируемую заготовку, что в свою очередь сокращает электрические потери, повышает КПД и, соответственно, производительность процесса компактирования.

Процесс осуществляется порционно в полунепрерывном режиме, а нагрев каждой порции выполняют в два этапа: на первом — до температуры десорбции газовых и редкофазных загрязнений, на втором — до температуры горячей деформации обрабатываемого материала, что способствует повышению качества изделий и эффективности компактирования.

Особенно эффективна технология для компактирования дорогостоящих металлов и сплавов с высокими значениями прочности и модуля упругости. При этом получают заготовки как сплошные, так и полые, которые в дальнейшем можно использовать в компактном виде в качестве переплавных электродов, лигатур, раскислителей и т. д. в любых плавильных агрегатах.

Предложенную технологию отработывали на специально созданной для этого опытной установке, общий вид которой приведен на рис. 1. Были

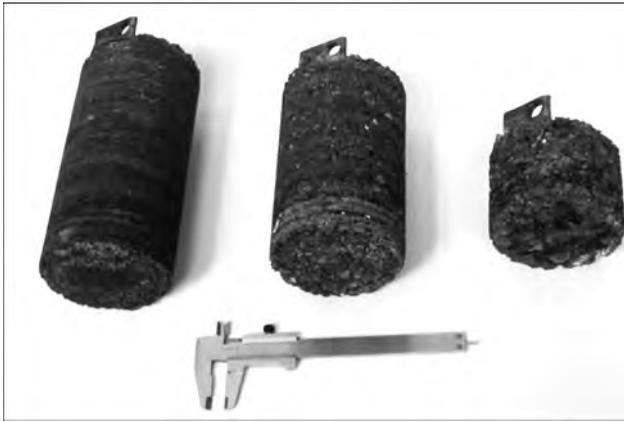


Рис. 3. Заготовки, скомпактированные из титановой губки разных фракций

определены оптимальные технологические параметры компактирования разнообразных металлических материалов (сталь, чугун, алюминий, жаропрочные сплавы, титан и др.), отличающихся по физическим свойствам (удельному весу, тепло- и электропроводности) [6–8]. При этом использовали разные размерность и гранулометрический состав материалов.

На рис. 2 показан общий вид комбинированной заготовки, скомпактированной из титановой стружки различных видов и размеров, а на рис. 3 — четыре отдельные заготовки, полученные из трех фракций губчатого титана: 2... 5; 5... 12 и 10... 30 мм. Рис. 4 демонстрирует заготовки из мелкой (ШХ15СГ) и крупной стружки жаропрочного сплава ЭП609-Ш.

В процессе исследований установлено, что полученные заготовки являются весьма прочными, что подтверждается воздействием на образцы ударной нагрузки 6,5... 7,0 МПа, а их плотность составляет 70... 75 % теоретической (плотность монолитного металла), что достаточно для использования в качестве расходоуемых заготовок при дальнейшем переплаве.

Установлено, что с уменьшением гранулометрического состава любого металлического материала увеличивается плотность скомпактированных заготовок, что объясняется наличием большего количества точек соприкосновения между мелкими частицами и, как следствие, более эффективным прогревом и локальным подплавлением в ходе компактирования. С увеличением размеров фракции необходимо несколько повышать уровень подводимого тока и время нагрева каждой порции для достижения гарантированной плотной структуры.

В процессе освоения технологии возникали определенные сложности, которые требовали как конструкторских, так и технологических доработок. К примеру, нужно было устранить затруднения с подачей в зону компактирования крупной (без предварительного измельчения) и витой стружки, усовершенствовать электрическую схему (наличие од-



Рис. 4. Заготовки, скомпактированные из 100 % мелкой стальной стружки стали ШХ15СГ (а) и крупной стружки жаропрочного сплава ЭП609-Ш (б)

ного источника нагрева приводило к некоторой асимметричности компактирования), минимизировать вероятность возникновения электродугового разряда в условиях подвижного токоподвода к формируемой (компактируемой) заготовке и пр.

Накопленный опыт и выявленные закономерности при проведении экспериментов на опытной установке позволяют приступить к разработке более совершенного высокопроизводительного опытно-промышленного оборудования для компактирования качественных и экономичных длинномерных заготовок со стабильными физико-механическими свойствами по всему сечению из разнообразных металлических материалов, таких как стружка, губка, порошки, гранулы, кусковая обрезь и пр.).

Технические характеристики установки электротермического компактирования

Компактируемый материал	титан, цирконий, сталь, жаропрочные сплавы
Вид шихты	стружка, губка, порошок, обрезь
Размер скомпактированных заготовок (электродов), мм:	
диаметр.....	200, 500
высота	3000
Плотность полученных заготовок, % от теоретической (плотности монолита) ..	70... 75
Удельные усилия прессования, МПа	5
Плотность тока, А / мм ²	1,5
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч / кг	0,8... 1,2
Дозирование и подача компактируемого материала в матрицу	кассетная подача из ячейкового бункера
Атмосфера при компактировании	нейтральная (аргон) вакуум, воздушная среда
Расход охлаждающей воды, м ³ / ч	20
Давление охлаждающей воды, МПа	0,4
Производительность установки, т / год.....	3000

В заключение следует подчеркнуть, что промышленное внедрение предложенной технологии и соответствующего оборудования позволит создать замкнутый (полный) цикл возврата в производство дорогостоящих вторичных ресурсов, что особенно актуально для крупных металлургических и машиностроительных предприятий. Срок окупаемости оборудования составит 8... 12 мес в зависимости от стоимости компактируемых материалов.

1. *Регенерация отходов титанового литья в авиационном моторостроении* / Б. Е. Патон, В. И. Лакомский, В. Н. Костяков и др. // Спец. электрометаллургия. — 1974. — № 24. — С. 96–102.
2. *Полькин И. С.* Перспективные направления исследований в области производства и применения титановых сплавов Ti-2005 в СНГ. — Киев, 2005. — С. 20–30.
3. *Плавка и литье титановых сплавов* / Н. Ф. Аношкин, С. Г. Глазунов, Е. И. Морозов, В. В. Тетюхин. — М.: Металлургия, 1978. — 383 с.

4. *Горячая штамповка и прессование титановых сплавов* / Л. А. Никольский, С. З. Фиглин, В. В. Бойцов и др. — М.: Машиностроение, 1975. — 285 с.
5. *Абрамова К. Б., Самуйлов С. Д., Фиглин Ю. А.* Брикетирование титановой стружки под воздействием коротких импульсов электрического тока // Цв. металлы. — 1998. — № 12. — С. 70–74.
6. *Получение расходуемых электродов компактированием титановой губки под током* / М. Л. Жадкевич, В. А. Шаповалов, В. С. Константинов и др. // Современ. электрометаллургия. — 2005. — № 3. — С. 64–67.
7. *Переработка стружки жаропрочной стали ЭП609-Ш способом компактирования под током с последующим электрошлаковым переплавом* / В. А. Шаповалов, В. Р. Бурнашев, Ф. К. Биктагиров и др. // Там же. — 2009. — № 3. — С. 43–45.
8. *Пат. 7997 Україна, МПК С 22 В 1/248.* Спосіб компактування металеві шихти / Б. Е. Патон, М. Л. Жадкевич, В. О. Шаповалов та інші. — Опубл. 10.08.2007; Бюл. № 12.

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

Поступила 23.09.2011

ВСМПО-Ависма и Boeing развивают сотрудничество

Ural Boeing Manufacturing (UBM), совместное предприятие Boeing и ВСМПО-Ависмы, поставило первую партию балок основной опоры шасси самолета Next-Generation 737.

Балка основной опоры шасси самолета Next-Generation 737 является составной частью конструкции крыла, поддерживающей крепление опоры шасси. Она состоит из двух частей — по одной для каждого крыла. UBM надлежит производить первичную обработку штамповок, полученных от ВСМПО-Ависмы, которые затем будут отправляться на завод Boeing в Портленде для окончательной механической обработки. Обеспечивая около половины всего объема первичной обработки балки основной опоры шасси, необходимой для 737, производство на UBM дает возможность заводу в Портленде поддерживать производственные мощности в соответствии с увеличивающимся объемом выпуска Next-Generation 737.

С 1997 г., когда Boeing заключила свой первый контракт с российским производителем титановой продукции, ВСМПО-Ависма является партнером Boeing и поставщиком штамповок и титановых деталей посредством ряда долгосрочных договоров.

Компании уже имеют опыт успешного сотрудничества. Ряд титановых деталей для новейшего самолета 787 Dreamliner произведены с использованием сплава, совместно разработанного и интегрированного специалистами Boeing и ВСМПО-Ависмы.



Источник фото: itar-tass.com

В июле 2009 г. компании Boeing и ВСМПО-Ависма открыли совместное предприятие Ural Boeing Manufacturing, расположенное в Верхней Салде Свердловской области. UBM — это новое современное предприятие, осуществляющее механическую обработку титановых штамповок для Boeing 787 Dreamliner, самого технологичного самолета в мире.

В ближайшие 30 лет компания Boeing намерена реализовать в России проекты общей стоимостью в \$27 млрд.

<http://www.boeing.ru/>