

Н. А. СВИДУНОВИЧ, докт. техн. наук,  
А. Ф. ДУЛЕВИЧ, канд. техн. наук,  
В. И. ВОЛОСАТИКОВ (БГТУ)

## **ПОДГОТОВКА ХРОМСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ КОЖЕВЕННОГО И МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ЛИГАТУРЫ**

Лигатуры на основе железа и хрома широко используются в литейном производстве при изготовлении сплавов специального назначения, обладающих высокой износостойкостью, кислото- и жароупорностью, коррозионной стойкостью. Они производятся металлургическими заводами и поставляются литейщикам в виде феррохрома различных марок.

Исходным сырьем для получения феррохрома служат руды, содержащие оксиды хрома. Ферросплавы получают, восстанавливая оксиды с помощью углерода или алюмотермическим способом. Наиболее дешевым является углерод, поэтому его используют при производстве углеродистых марок феррохрома. Алюмотермическим способом получают средне- и малоуглеродистый феррохром. Плавку проводят в футерованных шахтах или в дуговых печах сталеплавильного типа.

Запасы руд ограничены. В то же время накапливается огромное количество неиспользуемых хромсодержащих отходов машиностроительного и кожевенного производства. Так, например, кожевенный комбинат средней мощности в год вывозит на полигон захоронения свыше 300 т отходов, содержащих 11—13 % хрома. Машиностроительный завод, выпускающий детали из хромистого чугуна, вывозит на свалку более 100 т отходов электроэрозионной обработки, содержащих свыше 20 % хрома. Подшипниковый завод выбрасывает около 2 тыс. т отходов шлифования, содержащих 1,5 % хрома.

Однако Республика Беларусь ввозит свыше 2000 т феррохрома (стоимость 1 т 3000 \$ США) для выплавки высокохромистого чугуна и хромистых сталей.

Задачей проводимых исследований является разработка способа извлечения хрома из хромсодержащих отходов и получения хромистой лигатуры, производство которой позволит резко сократить ее ввоз. Кроме того, решалась задача сокращения накопления в отвалах токсичных хромсодержащих отходов кожевенного и машиностроительного производств Беларуси.

Данная задача может быть решена путем угле- или алюмотермии. Однако перечисленные выше отходы в том виде, в каком они образуются, не могут быть использованы в качестве шихты для производства лигатуры. Так, отходы машиностроительного производства загрязнены остатками влаги, СОЖ и масел. Отходы кожевенного производства, а именно: кек хромовый обезвоженный, получаемый с помощью коагулянтов и флокулянтов с последующим обезвоживанием на фильтр-прессах, на стадии очистки сточных вод, образующихся после дубления кожи на хромовой линии, имеет влажность до 75 % и органическую составляющую до 10 %.

Отходы машиностроительного производства подготавливаются достаточно простым способом — нагревом до 500—600 °С без доступа воздуха, при этом полностью удаляются остатки влаги, СОЖ и масел. Продукт подготовки — микростружка, содержащая до 10 % кислорода в виде оксидов железа и не менее 80 % металлической составляющей (железо, хром).

Важнейшим препятствием для переработки отходов кожевенного производства является органическая часть, состоящая из сложного сочетания растворенных остатков шерсти, подкожных жиров, частичек кожи и т. д. Эти органические соединения в совокупности с оксидами хрома при реализации любых методов переработки представляют серьезную экологическую опасность.

Процесс подготовки отходов кожевенного производства для переработки осуществляется на специально сконструированной установке и имеет две стадии. Первая — сушка, предназначена для удаления влаги и летучей части органики, причем важно то, что все отходящие газы попадают в камеру горения, где при высокой температуре происходит их дожигание с полным разложением органических составляющих. Вторая стадия — пиролиз высушенных отходов, осуществляется путем нагрева до высоких температур без доступа воздуха.

Механизм сушки таких материалов определяется режимами сушки, а также структурой и свойствами капиллярно-пористых тел.

Экспериментальные работы выполнялись с использованием сушильной камеры GRW 634 108 (Германия). Камера позволяет поддерживать заданную температуру до 300 °С, при этом возможна организация движения сушильного агента (паровоздушной смеси) с максимальной скоростью около 1 м/с.

Экспериментальная зависимость по результатам данных измерений представлена на рис. 1 кривой 1. Кривая 2 построена для значений концентрации влаги в образце. Из полученных данных следует, что начальное влагосодержание в материале составило

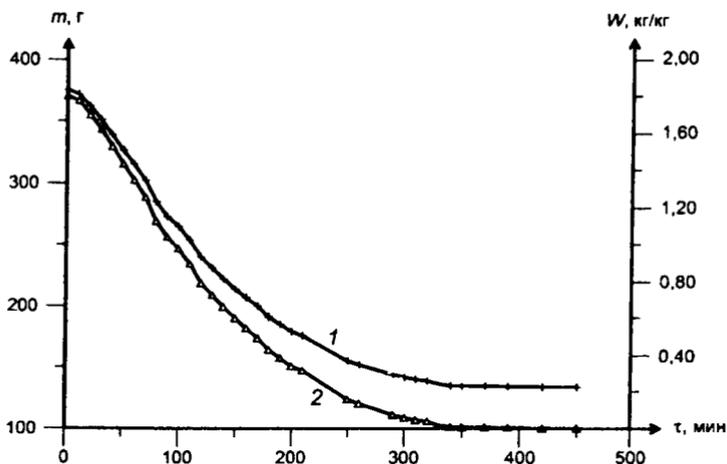


Рис. 1. Кинетика сушки кожевенных отходов ( $T = 103 + 2^\circ\text{C}$ ,  $m_{\text{нач}} = 375$  г)

1,8 кг/кг. На рис. 1 показано, что на начальном участке кривых сушки угол наклона постоянен, что свидетельствует о постоянной скорости сушки. Кривая скорости сушки в зависимости от влагосодержания представлена на рис. 2. Откуда следует, что скорость сушки при заданных условиях можно считать постоянной в диапазоне влагосодержания материала 1,8—0,8 кг/кг. При этом скорость сушки будет составлять около 8,5 % в минуту. Относительная усадка  $\delta = 0,5046$ ; коэффициент объемной усадки  $\beta = 0,309$ .

Вследствие значительной усадки материала при сушке наблюдается его растрескивание и измельчение. Если в исходном со-

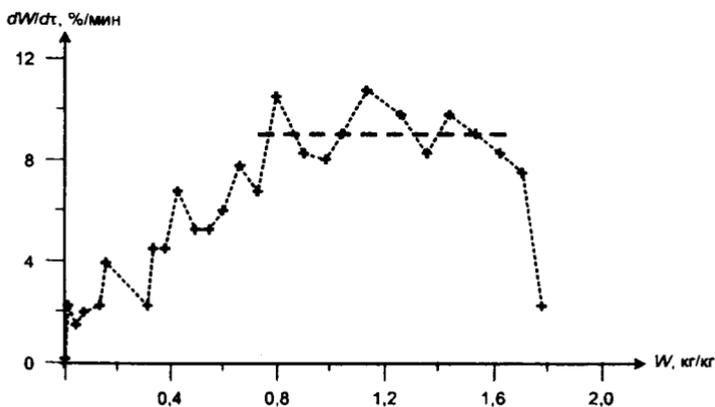


Рис. 2. Кривая скорости сушки кожевенных отходов

стоянии он представляет собой липкую глинообразную массу, то после сушки становится сыпучим дисперсным материалом с максимальным размером частиц до 2—3 см.

Для исследования процессов сушки и обжига кожевенных отходов была проведена серия экспериментов в высокотемпературном шкафу типа СНОЛ с изменением температуры до 1000 °С, позволяющим поддерживать заданный уровень температур с точностью  $\pm 5\%$ .

Масса исходного материала 796,6 г, после окончания процесса высокотемпературной сушки (температура в камере поддерживалась 600 °С) она составила 270,6 г. Таким образом, содержание влаги и других летучих компонентов в исходном материале составило 526 г, или 1,94 кг/кг сухого материала. Аналогичные измерения на другом образце материала с массой навески 696 г дали близкий результат (1,949 кг/кг).

Общее количество летучих компонентов, выделившихся в процессе нагрева материала, составило 1,945 кг/кг сухого материала (аналогичные измерения при температуре 800—820 °С дали результат 2,14 кг/кг). Если исходная плотность засыпки материала равнялась 1,36 г/см<sup>3</sup>, то по завершении процесса сушки и обжига 0,62 г/см<sup>3</sup>. При этом наблюдались значительная усадка материала, примерно такая же, как и приведенная ранее, и его сильное растрескивание. В обожженном продукте имелась большая доля мелких частиц, пылеобразующих микрочастиц также было больше.

Во время пиролиза из органической части образуется сажистый углерод. На стадии пиролиза решается главная задача — перевод органики в безопасную форму (углерод). Кроме этого, углерод, являясь восстановителем, способствует извлечению хрома при реализации металлургических методов получения лигатуры. Продукт предварительной переработки отходов кожевенного производства — пылевидная фракция, содержащая  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и углерод.

Опыты показали, что полученная с использованием данных отходов лигатура может успешно применяться в литейном производстве вместо феррохрома.