

УДК 621.9.014.8; 621.9.015

В. В. Максаров, д.т.н., проф., **Е. Г. Злотников**, к.т.н., доц., Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г. Санкт-Петербург

E-mail: maks78.54@mail.ru, zlotnik_evlg@mail.ru

Современные технологии переработки и брикетирования металлической стружки в автоматизированных производствах горных машин

Предлагаются современные методы переработки и брикетирования металлической стружки в автоматизированных производствах. Рассмотрены основные виды оборудования, схема построения технологической линии переработки стружки, выявлены ключевые моменты, связанные с управлением процессами стружкообразования, стружкодробления, очистки стружки отсмазочно-охлаждающей жидкости и брикетирования.

Ключевые слова: процесс стружкодробления, локальное термическое воздействие, локальное криогенное воздействие, локальное пластическое воздействие, брикетирование стружки.

V. V. Maksarov, E.G. Zlotnikov

Modern Technologies for Processing and Briquetting Metal Chips in Automated Production of Mining Machines

Offering modern methods of processing and briquetting metal chips in automated production. Considered the basic types of equipment, a scheme for constructing the production line processing chips, identified key issues related to the management process of chip formation, chip crushing, cleaning chips from cutting fluid and briquetting.

Keywords: the process of chip control, local thermal effect, local cryogenic impact, local plastic effect, briquetting of shavings.

В ходе производственной деятельности предприятий горного машиностроения образуется большое количество разнообразных отходов, многие из которых могут служить вторичным сырьем. К наиболее ценным видам отходов относится металлическая стружка, образующаяся при механообработке в больших объемах. Так на заводе средней величины ее количество может составлять около 18-20 тыс. тонн в год.

Обычно стружка загрязнена всевозможными примесями: СОЖ, маслом, влагой, кварцевым песком, шламом, мусором, при хранении стружка интенсивно ржавеет и слеживается, в больших объемах происходят термические процессы, связанные с окислением и саморазогревом стружки, испарением СОЖ и загрязнением атмосферы. Все

это создает серьезную проблему для эффективной утилизации металлической стружки на предприятиях горного машиностроения.

Встружке содержатся элементы Si, Cr, Ni, Cu, V, Ti, Mo, W, что делает ее привлекательной для переплава, но возможность прямого использования в литейном производстве предприятий отходов в виде металлической стружки ограничена из-за наличия загрязнений, ее сыпучего состояния, а также вследствие большого угара во время плавки.

Наиболее эффективный комплексный подход к решению обозначенной проблемы состоит, во-первых, в целенаправленном формировании свойств образующейся стружки в условиях автоматизированного производства, организации раздельного сбора стружки из различных металлов, и, во-вторых, в оборудовании механических производств технологическими линиями переработки и брикетирования стружки.

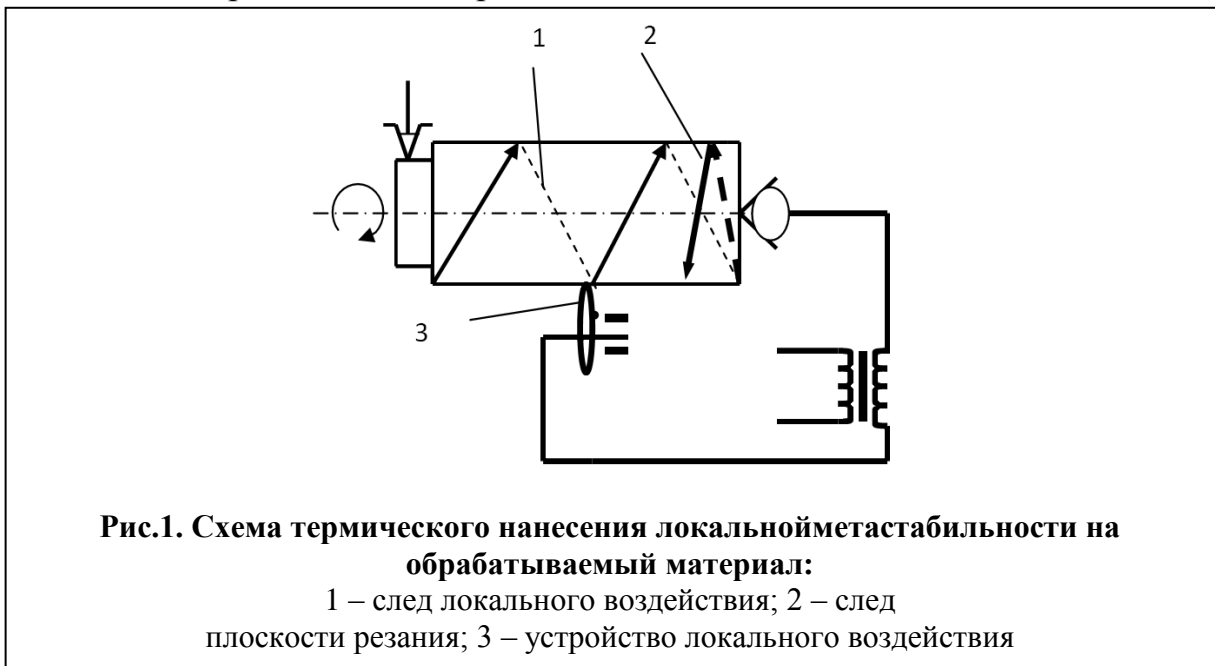
Первая задача связана с проблемой надежного дробления и удаления стружки из зоны резания, что имеет большое значение при использовании твердосплавных резцов, особенно при обработке пластичных материалов. Нагретая до высоких температур стружка в виде непрерывной ленты может наматываться на заготовку и резец, портить обрабатываемую поверхность и представляет собой серьезную опасность для станочников. Особую актуальность задача управления процессом стружкодробления приобретает при обработке изделий на автоматических станках, станках с ЧПУ и использовании манипуляторов.

Для получения транспортабельной формы стружки в виде отдельных кусочков, сегментов, колец, коротких завитков или сплошной пружины применяют специальные способы стружкозавивания и стружколомания. Для этого на передней поверхности резца на пути сходящей стружки создают специальные препятствия в виде лунок, канавок, сферических выступов или углублений вдоль режущей кромки, а также накладных нерегулируемых уступов и регулируемых стружколомов.

В автоматизированном производстве применяют также кинематический способ дробления стружки, заключающийся в использовании принудительных колебаний резца в направлении подачи. При этом толщина стружки меняется, и стружка распадается на отдельные кусочки. Этот метод несколько снижает стойкость инструмента и требует применения специальных устройств, встраиваемых в механизм подачи станка, что усложняет конструкцию последнего.

К эффективным методам, позволяющим надежно управлять процессом дробления стружки при чистовой и получистовой обработке, относятся методы предварительного локального термического воздействия (ЛТВ), криогенного воздействия (ЛКВ) и пластического воздействия (ЛПВ), осуществляемые на внешней поверхности срезаемого слоя [1, 2].

Особенностью процесса точения заготовок после применения предварительного ЛТВ является периодическое изменение условий резания в зонах термического воздействия по сравнению с исходным материалом. Схема практической реализации метода нанесения локальной метастабильности на обрабатываемый материал термическим способом воздействия представлена на рис. 1.



Создаваемая на обрабатываемой поверхности заготовки по специально заданной траектории локальная метастабильность в области предполагаемого припуска срезаемого материала с глубиной и шириной воздействия h_m , b_m приводит к локальным изменениям структуры материала и образованию упруго-диссипативных свойств, отличных от основного материала.

При использовании метода предварительного ЛКВ режущая кромка инструмента в плоскости резания пересекается с зоной локального криогенного воздействия, которая находясь в метастабильном состоянии по сравнению с основным металлом, создает мгновенное изменение напряженно-деформированного состояния с последующим отделением отрезков стружки от обрабатываемого материала [3, 4].

Рассмотренные методы обеспечивают возможность автоматизации и управления процессом стружкодробления при механической лезвийной обработке на станках-автоматах и станках с ЧПУ в широком диапазоне материалов и режимов резания.

Развитие автоматизированных производств в горном машиностроении требует решения следующей задачи - автоматизации отвода и уборки стружки, образующейся при обработке на металлорежущих станках. Известны способы транспортирования стружки с помощью ленточных, винтовых, скребковых, вибрационных и др. конвейеров. К их

недостаткомотносятся невозможность отвода стружки непосредственно из зоны резания и малая эффективность при транспортировке сливной стружки.

Для каждого вида металлической стружкинеобходимо определить наиболее рациональный состав оборудования технологической линии системы переработки и брикетирования. В состав оборудования входят: дробилка для измельчения длинной витой стружки в мелкую, центрифуга (сепаратор) для отделения остатков СОЖ, брикетировочный пресс. К дополнительным блокам относятся: накопители и транспортеры, вибросито - сепаратор концевых отходов, магнитный сепаратор (для отделения стальной стружки от цветной), специальный скиповый подъемник, фильтры СОЖ, воздушные фильтры. При реализации способа горячего брикетирования требуются печи для обжига стружки газовые, электрические или индукционные.

Для измельчения сливной витой стружки до сыпучего состояния применяются различные виды стружкодробилок: ножевые, роторные, молотковые и др., обладающие различными свойствами. Так, молотковые дробилки при высокой производительности чувствительны к засоренности исходной стружки различными твердыми и концевыми отходами металлообработки. При работеодновалковыхстружкодробилоквозможны аварийные остановки из-за забивания стружкой зазора между сеткой и ротором с его последующим заклиниванием. Многовалковые дробилки имеют быстрый износ режущих кромок, требуют частой и достаточно трудоемкой перезаточки ножей.

Перспективным являетсяприменениестружкодробилок,в которых измельчение стружки происходит за счет трения витков друг о друга, без резания или ударов. Такое дробление позволяетразрывать плотные комки длинной сливной витой стружки,требует минимум энергиипри небольшом износе рабочих частей и высокой аварийной устойчивости за счетавтоматического отделения крупных предметов.

Для отделения остатков СОЖ от стружки применяются различные сепараторы.Технологичны в работе центрифуги НДс горизонтальным расположением барабана, обеспечивающие большое центробежное ускорение ($n_{вр.} = 740-1440 \text{ мин}^{-1}$)ивысокую степень сепарации, в которых СОЖ отводится через клиновой решетчатый экран. При начальной влажности стружки 10-15% остаточная составляет 1-2%. Горизонтальнаякомпоновка облегчает обслуживание, система электронного пуска и регулирования частоты вращения позволяет оптимизировать энергопотребление.

Завершающей операцией переработки стружки является ее брикетирование. При прессовании на порядок уменьшается контактная поверхность стружки, повышается плотность, что позволяет брикетам быстро погружаться в расплавленный металл, что многократно снижает

окисление и угар во время плавки. Также за счет уменьшения занимаемого брикетами объема (5-10% от исходного в сыпучей стружке) существенно снижаются затраты на временное хранение и транспортировку.

Известны различные способы брикетирования стружки: с применением связующих материалов; электробрикетирование; непрерывное брикетирование в холодном состоянии; методом контактной сварки; методом кузнечной сварки.

Технологичным для брикетирования является применение компактных гидравлических прессов, обеспечивающих требуемую производительность, усилие прессования и степень сжатия брикетов.

Ряд компаний (ТПК Технополус, КЕМЕТ и др.) предлагает поставку оборудования для оснащения технологических линий переработки металлической стружки в брикеты. В основном представлено импортное оборудование, хотя есть примеры использования отечественного.

В качестве примера на рис.2 показана схема автоматической линии горячего брикетирования металлической стружки, предлагаемой компанией Технополус.



Рабочий процесс линии состоит из следующих операций: загрузка стальной стружки в накопительный бункер измельчителя; дробление стружки в более мелкую фракцию размером в 3-5 см; выгрузку стружки на транспортер; подачу в центрифугу. Затем через промежуточный накопительный бункер очищенная от СОЖ стружка транспортером подается в накопительный бункер прессы, выполняющего первое холодное брикетирование. Брикеты собираются в бункере транспортирующего конвейера и затем направляются в конвейерную печь для отжига при температуре 900 °С. Здесь удаляются остатки СОЖ, затем горячие брикеты направляются в бункер прессы для выполнения завершающего этапа горячего прессования. Готовые брикеты сбрасываются в накопительный бункер. Оборудование управляется от интегрированной системы автоматического управления.

Производительность линии составляет 100 – 2000 кг/ч; плотность брикетов стальной или чугуновой стружки – 6,3-6,5 кг/дм³; остаточная влажность брикетов – 0%. Обеспечиваются требования экологии - фильтрация отработанных газов и сепарированной жидкости. Срок окупаемости капиталовложений около 0,5 – 1,5 года.

Выводы: дальнейшие исследования необходимо вести по следующим основным направлениям: разработка экономичных способов стружкодробления, методов сепарации СОЖ, исследование физико-механических процессов при брикетировании стружки, поиск возможности снижения энергопотребления на различных этапах технологического цикла.

Список литературы

1. **Максаров В.В., Ольт Ю.** Автоматизация и управление процессом стружкообразования при предварительном пластическом воздействии на обрабатываемый материал. –СПб: Изд-во СЗТУ, –2008. – С. 217.

2. **Максаров В.В., Ольт Ю.** Управление процессом многолезвийной механической обработки. – СПб: Изд-во СЗТУ, –2009. – С. 161.

3. **Maksarov, V., Olt, J.** Methods of preliminary local physical action on the workable surface of the blank / 7th International Scientific Conference. ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT 29-30 May, – 2008, Jelgava, –Latvia.

4. **Maksarov, V., Olt, J., Laatsit.T., Leemet. T.** Physical argumentation of deformation processes potential control while cutting heavily processed material / 6th International DAAAM Baltic Conference INDUSTRIAL ENGINEERING 24-26 –April 2008, –Tallinn, Estonia, – S.263-268.