

пока находится в числе государств с минимальным достаточным уровнем жизни. Поэтому принципиально необходим перелом в тенденциях развития, а именно — переход к энергоэффективности производства и увеличению его объемов в базовых отраслях. Другими словами, мы должны наращивать ВВП за счет собственного эффективного производства при одновременном создании атомной и угольной энергетики, использовании местных видов топлива, вовлечении в энергетический комплекс инвестиций. В таких ключевых отраслях, как металлургия, химия и другие, сделано немало, но предстоит решить новые задачи, увеличив, например, производство стали с 2 до 4 млн т в год, калийных удобрений — с 8 до 12–15 млн т, тракторной техники —

до 100 тыс. единиц при нынешнем уровне 50 тыс., произвести за счет атомной, угольной энергетики и местных видов топлива на уровне 40–50% электроэнергии в общем балансе страны.

Поэтому для нас выгоден только один путь, который, кстати, уже давно опробован, — наращивать выпуск продукции при максимальном обеспечении собственными топливно-энергетическими ресурсами и внедрении новых энергоэффективных технологий.

*По материалам статьи
Ж. Комаровой, В. Лебедева
«Наука и инновации» № 11 (45) 2006 г.*

МАЛООТХОДНЫЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Астапчик С.А., академик НАН Беларуси

В эпоху истощения энергетических и сырьевых ресурсов, запасов дефицитных цветных и благородных металлов, и других ископаемых, конкурентоспособность товаров, в большинстве случаев определяется издержками производства. Сегодня во главу ставится задача рационального использования материалов, экономия энергоресурсов (электроэнергия, тепло), т.е. переход к технологиям мало энергоемким, безотходным, экономичным расходные материалы, в т.ч. воду, воздух, тепло, электроэнергию и не ухудшающим экологию. Несколько конкретных примеров.

Если металлургический комбинат, производящий млн. тонн стали в год, расходует до 20 тыс. куб. м газа в час, до 3 м³ воды на тонну стали, до 400 пульманских вагонов руды и коксующихся углей в год имеет дело с потребителями, у которых из-за допотопных технологий коэффициент использования металла $\leq 0,6-0,65$, то такие потребители вынуждают комбинат перерабатывать в отходы сотни эшелонов руды и угля, согреть небо.

Второй пример, описанный в 80-х годах в газете «Известия» в статье «Тихий Дон». На предприятии «Ростсельмаш» производителя зерноуборочного комбайна «Дон» работают более 1200 прессов усилием 8000 тонн силы каждый, а рядом на 5-ти участках, оснащенных лазерными технологическими комплексами США, ту же программу выполняют качественно, быстро и тихо, эко-

номя огромное количество электроэнергии и трудовых ресурсов.

В 70-х годах в связи с энергетическим кризисом, ряд стран Европы ввели на законодательном уровне жесткие ограничения на нормы расхода топлива в автомашиностроении, двигателестроении, а СССР те же ограничения ввел не законами, а всякого рода Постановлениями, решениями и т.д. И вот результат: любой западный легковой автомобиль расходует на 100 км пробега ~5–6 л жидкого топлива, а аналоги РФ — 10–12 л, т.е. в 2 раза больше. С расточительством можно бороться двумя путями: запретами на законодательном уровне и применением передовых ресурсосберегающих технологий.

Я остановлюсь на разработках ГНУ «ФТИ НАН Беларуси», имеющих патентную защиту и зарекомендовавших себя на отечественном и зарубежном рынках: клиноватая прокатка (технологии и оборудование), технологии и оснастка для термообработки токами высокой частоты; высокоэнергетические технологии (лазер, электроэрозия и эл. луч), утилизация и переработка алюминиевых отходов, особоочистых благородных металлов и сплавов и др. ресурсосберегающие технологии.

Поперечно-клиноватая прокатка (ПКП)

Схема осуществления ПКП показана на рис.1. Заготовка, предварительно нарубленная на прессе, укладывается поперек заходной части непод-

вижного клинового инструмента. Подвижной клиновой инструмент перемещается параллельно неподвижному, внедряется в заготовку, вызывая ее вращение. Оба клиновых инструмента имеют боковые грани М, которые заставляют перемещаться избытки металла по направлению к торцам, тем самым удлиняя заготовку.

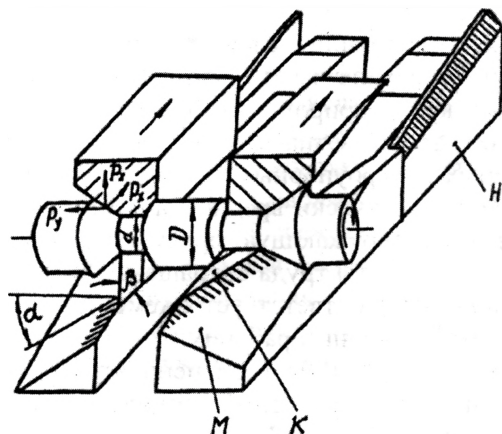


Рис. 1. Схема поперечно-клиновой прокатки

Плоско прокатные станы обладают преимуществами по сравнению с валковыми станами:

- простота изготовления, высокая точность и низкая себестоимость плоского клинового инструмента, поскольку он изготавливается на универсальном фрезерном и шлифовальном оборудовании;

- стабильное положение детали на плоскости инструмента, в то время как при валковой прокатке деталь необходимо удерживать в зоне проката направляющими манжетками;

- высокая точность получаемых изделий, что обеспечивается высокоточным плоско-клиновым инструментом и точным положением детали в процессе прокатки относительно плоского инструмента.

Фундаментальные исследования и прикладные разработки на протяжении ряда лет выполнялись в научных центрах Белоруссии, РФ, Германии, Чехии, Китае. Белорусская школа поперечно-клиновой прокатки, центром которой является Физико-технический институт, занимает одно из ведущих мест в мире. Здесь выполнены разработки, защищенные более 100 а.с. и патентами РБ и промышленно развитых стран, что составляет приблизительно 30% зарегистрированных в мире на данный момент. Станы конструкции ФТИ тиражируются серийно заводом Кузлитмаш. На предприятиях РБ работает более 40 автоматизированных комплексов ПКП. Разработка Белорусской школы ПКП успешно используются на предприятиях России, Украины, США, Испании, Польши, Болгарии, Чехии и Турции (рис. 2).



Рис. 2.

За последние годы наряду с совершенствованием существующих схем поперечно-клиновой прокатки намечались несколько новых направлений ее развития:

- разработка оборудования для реализации комбинированной технологической операции пластического профилирования торцевых поверхностей штучной заготовки (в том числе формирование конических торцов) с одновременным отделением ее от прутка перед последующей ее прокаткой, что позволяет для такого малоотходного процесса как ПКП дополнительно экономить до 14% металла;

- «теплая» ПКП прокатка (600–700°C), что позволяет отказаться от дорогостоящих генераторов ТВЧ, улучшить качество прокатных изделий. И за счет повышения точности диаметральных размеров, достигающей 10 мкм (на диаметре 7 мм) и чистоты поверхности (до 0,6 Ra) во многих случаях заменить шлифовку.

Снижение интервала температур прокатки предъявляют более высокие требования к конструктивным особенностям оборудования: при «теплой» ПКП в первую очередь необходимо обеспечить более высокую точность перемещения инструмента и, соответственно, существенно увеличить жесткость прокатной клетки стана; углы заострения клина β при «теплой прокатке» значительно меньше, чем при «горячей», в связи с чем необходима большая длина клинового инструмента.

Таким образом перспективным направлением в развитии поперечно-клиновой прокатки в ближайшее время будет создание автоматических комплексов, обеспечивающих реализацию практически безотходных технологий (КИМ-0,95-0,98) и получение изделий без применения чистовых операций механической обработки [1, 2].

Применение скоростной электротермии в автотракторной промышленности [3]

Физико-технический институт НАН Беларуси

всегда тесно сотрудничал с предприятиями автотракторной промышленности (МТЗ, МАЗ) в области скоростных электротермических процессов, основанных на применении индукционного нагрева. К числу особых методов скоростной электротермии, получивших распространение на МТЗ (Л.С. Космювич) и МАЗе (П.С. Гурченко), следует отнести высокочастотную закалку, вместо длительной химико-термической обработки — цементации. На начальном этапе это были детали несложной формы (валы, оси, гильзы цилиндров двигателей и т.д.) и детали, требующие зонального упрочнения. Развитие этого вида термообработки происходило в направлении совершенствования методов охлаждения, в частности, внедрения спрейерного охлаждения маслом, закалки под слоем масла и ступенчатого охлаждения вода-масло.

В 80–90 годы была решена проблема закалки деталей сложной формы, имеющих острые кромки, шлицы, отверстия и другие конструктивные элементы, являющиеся концентраторами напряжений и местами образования трещин при закалке. К числу таких деталей относятся, например, ведущие и ведомые бортовые шестерни с модулем 3–12 мм (рис. 3, 4).

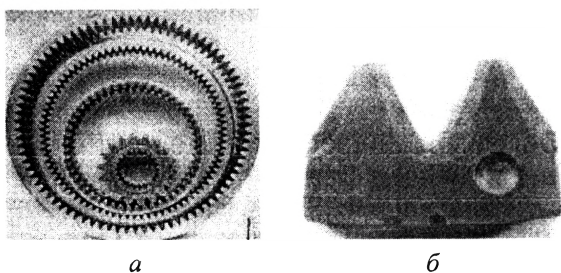


Рис. 3. Индукционная закалка зубчатых колес: а — шестерни, подвергаемые поверхностной индукционной закалке; б — зона закалки на зубчатой поверхности шестерни

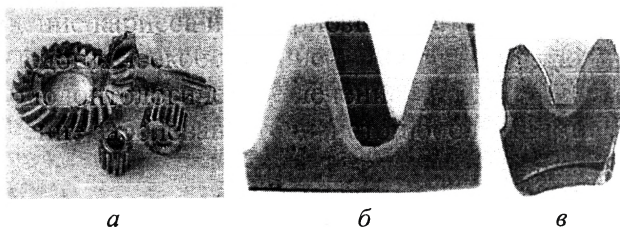


Рис. 4. Закалка ОПЗ шестерен МАЗ из сталей пониженной прокаливаемости: а — шестерни, подверженные закалке; б — зоне закалки на ведомой шестерне главной пары; в — зона закалки на шестерне колесной передачи

Особенностью технологии бездеформационной закалки шестерен, разработанных на МАЗе, является то, что нагрев осуществляется под слоем проточной воды. Для сталей 40Х и 40ХН на об-

рабатываемых поверхностях достигнута твердость 56–64 HRC при толщине упрочненного слоя 1,5–2 мм. По сравнению с ранее действующей технологией печного упрочнения новая технология позволила более чем в 300 раз сократить продолжительность закалки (3 минуты вместо суток), нагревать не весь объем шестерни, а тонкий слой ~2 мм, в десятки раз уменьшить термические деформации, ежегодно экономить около 4 млн. киловатт-часов электроэнергии, более 40 тыс. куб м природного газа, около 8 тонн чугунной дрови. Отпала необходимость в жаропрочных и жароупорных материалах, закалочном масле, экологически вредном асбесте, устранены выбросы в окружающую среду тепла и вредных веществ. Затраты труда сокращены на 8 тыс. нормочасов, что соответствует ежемесячному труду 4 производственных рабочих.

Технология с 1994 года используется для упрочнения бортовых шестерен колесной передачи автомобилей МАЗ и Минского завода колесных тягачей. Разработка отмечена премией Министерства промышленности Республики Беларусь за 1995 год.

Технологии и автоматизированное оборудование для обработки металлических и неметаллических конструкционных материалов концентрированными потоками энергии [4]

В течение последних 15 лет в Физико-техническом институте НАН Беларуси разрабатываются технологии и оборудование для обработки материалов концентрированными потоками энергии (лазерно- и плазменно-технологические комплексы, водо-абразивные комплексы). В качестве источника высокоэнергетического потока может быть использован технологический лазер, плазмотрон, ускоритель электронов, гидравлический насос высокого давления, в качестве технологического манипулятора, — двух- или трехкоординатное устройство перемещения, обеспечивающее запрограммированное движение рабочего инструмента в пределах рабочей зоны (лазерного объектива, плазмотрона, водо-абразивного сопла).

Области применения и краткая характеристика высокоэнергетических технологий

Лазерные технологии

Лазерная резка используется для точной резки металлов и неметаллических материалов по любому заданному контуру. И осуществляется с помощью управляющей программы лазерным фокусирующим объективом с точностью 0,1 мм. Габариты вырезаемого изделия до 1,5×2,0 м. Резка с помощью лазера могут быть подвержены следующие материалы:

- сталь толщиной до 6 мм;
- пластик толщиной до 20 мм;
- дерево, фанера, ДСП толщиной до 30 мм;
- кожа, текстиль, винилкожа и др. (в т.ч. пакетная резка).

Лазерное упрочнение и легирование поверхности

Лазерное упрочнение (закалка) основана на процессе высокоскоростного нагрева и охлаждения поверхностных слоев, который приводит к значительным изменениям в структуре обрабатываемых материалов и позволяет существенно улучшить их служебные характеристики (твердость, износостойкость, контактная прочность). Лазерное легирование позволяет вводить в тонкий поверхностный слой необходимые легирующие компоненты и еще в большей степени упрочнить поверхность изделия.

Процессы используют при упрочнении прессформ, матриц, пуансонов для холодной штамповки, ковочных штампов горячего выдавливания, резцов горнодобывающих комбайнов и др.

Лазерная сварка и пайка

Позволяет сваривать материалы, ранее считающиеся несвариваемыми или трудносвариваемыми с повышением механических свойств сварного соединения. Разработаны технологии лазерной сварки никелевых, титановых сплавов, алмазных сегментов дисковых пил, а так же процессы точной лазерной пайки твердосплавных элементов дискового режущего инструмента.

Плазменные технологии

Позволяют осуществлять:

- плазменную резку металлических материалов толщиной до 80 мм;
- плазменное легирование и наплавку;
- локальную термическую обработку отдельных участков детали и металлоконструкций.

Водо-абразивные технологии

С их использованием производятся:

- контурное разделение (резка) металлических и неметаллических материалов толщиной до 100 мм;
- очистка поверхности металла под покраску;
- демонтаж и очистка строительных и железобетонных конструкций в условиях, где невозможно использование других методов (взрыво- и пожароопасные условия).

Реализация высокоэнергетических технологий

Физико-техническим институтом НАН Беларуси разработаны и изготовлены автоматизированные технологические манипуляторы «Салар», «Унилам», которые используются для резки, термообработки, наплавки и сварки.

Созданное оборудование обеспечивает высокие скорости обработки, обладает гибкой, легко пере-

страиваемой системой управления и по своим характеристикам не уступает зарубежным аналогам.

Лазерно-технологический комплекс «Комета-Салар» предназначен для размерной обработки по заданному контуру и вырезка деталей из листовых материалов и представляют собой классическую раскройную машину партального (планшетного) типа. Принцип работы комплекса основан на использовании луча CO₂-лазера длиной волны 10,6 мкм, воздействию сфокусированным лазерным излучением на неподвижный листовой материал и подаче в сопло фокусирующего объектива струи режущего газа для формирования реза на раскраиваемом материале по траектории движения лазерного объектива.

Управление комплексом производится с помощью ПЭВМ и управляющей программы ROMA-Laser через диалоговую оболочку оператора. В процессе работы оператор может контролировать и изменять значение регулируемых параметров, которые определяются коэффициентами, выбранными при наладке электроприводов и внешних устройств, задействованных в лазерном комплексе.

Примеры раскройных лазерных технологических комплексов «Комета-Салар» и «ТЛ-1,5-Салар» приведены на рис. 5. На рис. 6 представлен фрагмент приборной панели для автобуса, вырезанной с помощью лазерно-технологического комплекса «ТЛ-1,5-Салар».

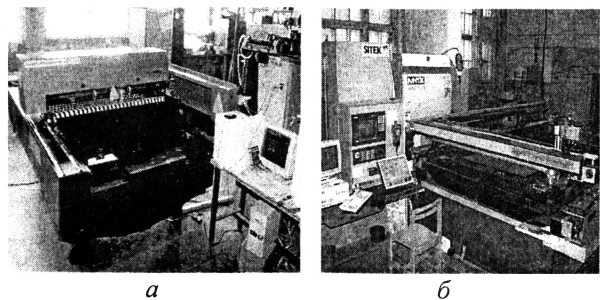


Рис. 5. Раскройные лазерные технологические комплексы: а — «Комета-Салар»; б — «ТЛ-1,5-Салар»



Рис. 6. Фрагмент приборной панели, вырезаемой с помощью лазерного технологического комплекса «ТЛ-1,5-Салар»

Метод водо-абразивной резки основан на создании водяной струи высокого давления с помощью высоконапорных насосов, калибровке этой струи водяным соплом, смешивании струи высокого давления с абразивом в абразивном сопле и программным перемещением водо-абразивной струи по контуру вырезаемой заготовки. По физической сути метод водо-абразивной резки является локализованной высокоскоростной шлифовкой, применяемой для контурного разделения труднообрабатываемых и чувствительных к температуре материалов, таких как мрамор, гранита, керамики (рис. 7–9).

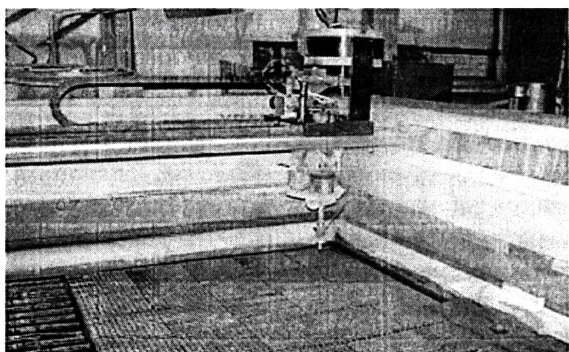


Рис. 7. Технологический стол «Кварц»

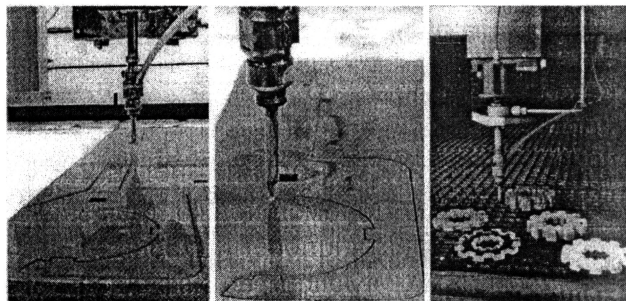


Рис. 8. Резка водяной струей на комплексе «Кварц»

В 2003 году в ФТИ НАН Б был разработан и внедрен на предприятии «Гидроспецтехнологии» (г. Краснодар) водо-абразивный комплекс, оснащенный технологическим манипулятором оригинальной конструкции, использующий для управления как линейные, так и полярные координаты.

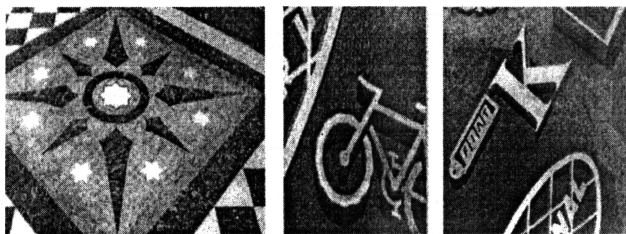


Рис. 9. Изделия, полученные методом водо-абразивной резки

Следует отметить, что метод обработки материалов водяной струей высокого давления был изобретен в СССР в начале 50-х годов прошлого

века, однако, по ряду причин широкого применения не получил.

В промышленных развитых странах технологию водо-абразивной резки широко используют с 70-х годов. Западными фирмами для этих целей разработано разнообразное, однако, весьма дорогое оборудование. Создание отечественного технологического манипулятора в сочетании с импортными насосами высокого давления позволяют в несколько раз удешевить технологическое водо-абразивное оборудование и сделать его доступным для промышленных предприятий Беларуси [5].

Развитие в ФТИ НАН Б металлургии высокочистых цветных и благородных металлов (Г.В. Купченко, А.В. Майонов, О.А. Поко)

Потребность Беларуси в высокочистых цветных и благородных металлах колеблется от нескольких килограммов до нескольких тонн. Их основными потребителями являются электроника, приборостроительная, нефтехимическая и электротехническая промышленности. Традиционно основным поставщиком полуфабрикатов и изделий из высокочистых и благородных металлов являлась Россия. Однако развитие рыночных отношений, появление таможни и других ограничительных факторов, сделало затруднительным в первую очередь переработку лома этих дорогостоящих материалов с последующим изготовлением изделий промышленного назначения.

Именно тогда востребованным оказались разработки ФТИ НАН Беларуси — технологии малотоннажной металлургической переработки отходов высокочистых цветных, в том числе драгоценных металлов и сплавов. Технологии основаны на особом сочетании металлургических приемов, включающих вакуумную плавку, направленную кристаллизацию, пластическую деформацию и формообразование, и позволяют использовать лом деталей, ранее подвергавшихся утилизации.

На базе ФТИ НАН Беларуси организовано опытное производство по реализации замкнутого цикла переработки лома высокочистых цветных и драгоценных металлов и изготовлению полуфабрикатов из изделий различной номенклатуры.

По разработанным технологиям организован выпуск катодов-мишеней для НПО «Интеграл». Так, за последние 10 лет изготовлены и поставлены более 7000 мишеней высокочистого алюминия и около 150 мишеней из немагнитного сплава Ni-7V. Разработаны технологии и налажен выпуск мишеней из высокочистых серебра и палладия, Y-образной мишени из платины для установок MRC603. Освоение указанных технологий позволило организовать уникальное мобильное и ресурсосберегаю-

щее производство, на 85% удовлетворяющее потребность предприятий электронной промышленности и позволяющее им экономить валюту в размере более 60 тыс. долларов США в год.

С использованием разработок на хоздоговорных началах изготовлено более 500 кг проката различной номенклатуры из сплавов ПЛ₈10 и ПЛР₈20 для ОАО «Полоцкстекловолокно», изделий из платины для ПО «Беларуськалий», БМЗ, ПО «МТЗ» и др. предприятий и научно-исследовательских учреждений. По заказу Управления делами Президента Республики Беларусь выполнен большой комплекс работ по изготовлению листов, проволоки и припоев из серебряных ювелирных сплавов для изготовления государственных наград, воссоздания раки Святой Ефрасиньи Полоцкой (более 120 кг серебра) и др. (рис. 10, 11).

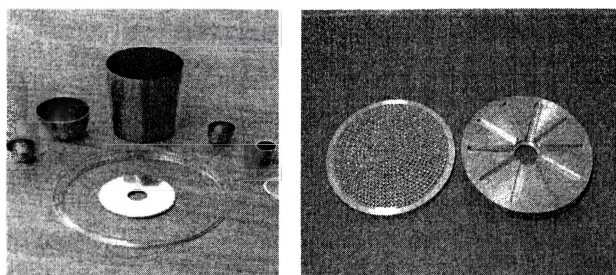


Рис. 10. Платиновые тигли, чашки, проволока и серебряные диски (фильтрные плавители)

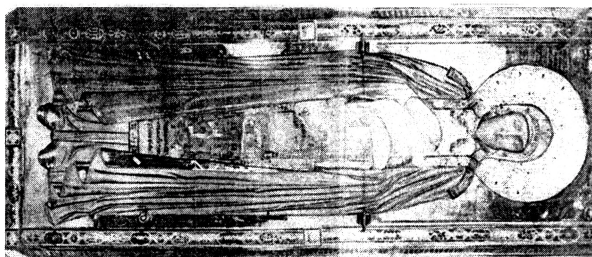


Рис. 11. Деталь раки Святой Евфросинии Полоцкой (серебро)

Основные пути эффективной переработки и использования алюминиевых отходов (стружки, шлака) (Астапчик С.А., Волочко А.Т., Овчинников В.В.)

УП «ММЗ» и его смежники нуждаются в переработке до 500 тонн алюминиевой стружки и более 100 тонн шлака. На заводе создан комплекс, обеспечивающий переработку стружки силумина с вкраплениями нерезистивного чугуна, получающегося во время совместной обработки порошка с нерезистивной вставкой (Fe-Cu-Ni) и поставку первичных алюминиевых сплавов для ос-

новного производства с максимально допустимым процентом примесей по железу для АК5М4 до 1%, АК9 не более 0,8%, АК12М2М8Н — 0,7%. Разработаны технология получения материала на основе шаллота и магнезита (содержащих 40–45% Al₂O₃) и ноу-хау-технологии изготовления футеровок плавильных печей, элементов литниковых систем, форм, огнеупорных обмазок и покрытий (рис. 12, 13).

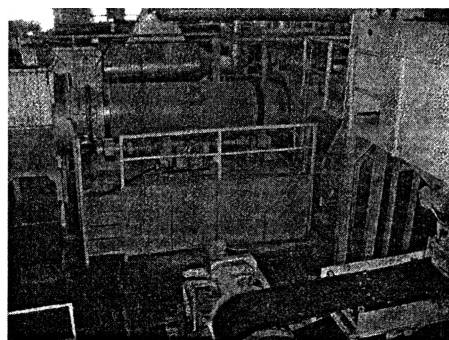


Рис. 12. Комплекс сушки стружки

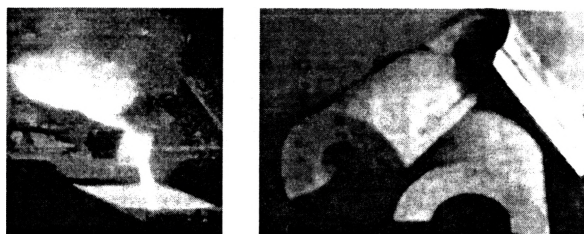


Рис. 13. Огнеупорные керамические материалы для литейного производства цветных металлов и сплавов с использованием алюминиевого шлака

Литература

1. Шукин В.Я. Основы поперечно-клиновой прокатки. Минск. Наука и техника. 1986. 223 с.
2. Патент № 2564 РБ Способ получения деталей из прутка поперечно-клиновой прокатки и устройство для его осуществления (Давидович А.Н., Рудович А.О., Серета Н.Е., Сильванович Н.З., Шукин В.Я.).
3. Михлюк А.И. «Современные технологии металлообработки». Минск. 14–17 июня 2005 г. УП «Экоперспектива».
4. Кашулин С.М., Новиков А. А. «Современные технологии металлообработки». Материалы международной научно-технической конференции. Минск. 2005. УП «Экоперспектива» стр. 22–33. Весці НАН Беларусі. №2. 2005 г.
5. «Инженер-механик». № 2 (27). 2005 г.