

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ ТРУДНОДЕФОРМИРУЕМЫХ УПЛОТНЯЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Л.А. Барков, М.Н. Самодурова

Приведен обзор способов и устройств, применяемых для обработки давлением труднодеформируемых материалов. Описаны особенности прокатки таких материалов с многосторонним обжатием.

К оборудованию для обработки давлением малопластичных уплотняемых материалов относятся прокатные и волочильные станы с многовалковыми калибрами, а также специальные устройства, предназначенные для получения сортовых, фасонных профилей, проволочных заготовок, проволоки и заготовок деталей машин из таких малопластичных труднодеформируемых материалов, как сплавы на основе хрома, вольфрама, молибдена, никеля, титана и др.

В отличие от процесса прокатки в двухвалковых калибрах, процессов свободной и ротационнойковки обжатие заготовок в многовалковых калибрах осуществляют не с двух, как обычно, а с трех или четырех сторон (рис. 1). Причем, при вытяжной прокатке, например, квадратная заготовка задается в квадратный калибр в положении «на ребро». Многостороннее неравномерное по ширине очага деформации обжатие приводит к следующим особенностям процесса прокатки: в очаге деформации создается схема всестороннего сжатия полосы при большом гидростатическом давлении, что повышает пластичность обрабатываемого материала и позволяет увеличить разовые деформации; меняется схема деформированного состояния, что позволяет устранить поперечное течение материала и за счет этого увеличить разовые вытяжки; интенсивное всестороннее обжатие заготовки приводит к повышению ее плотности и улучшению физико-механических свойств и структуры изделия.

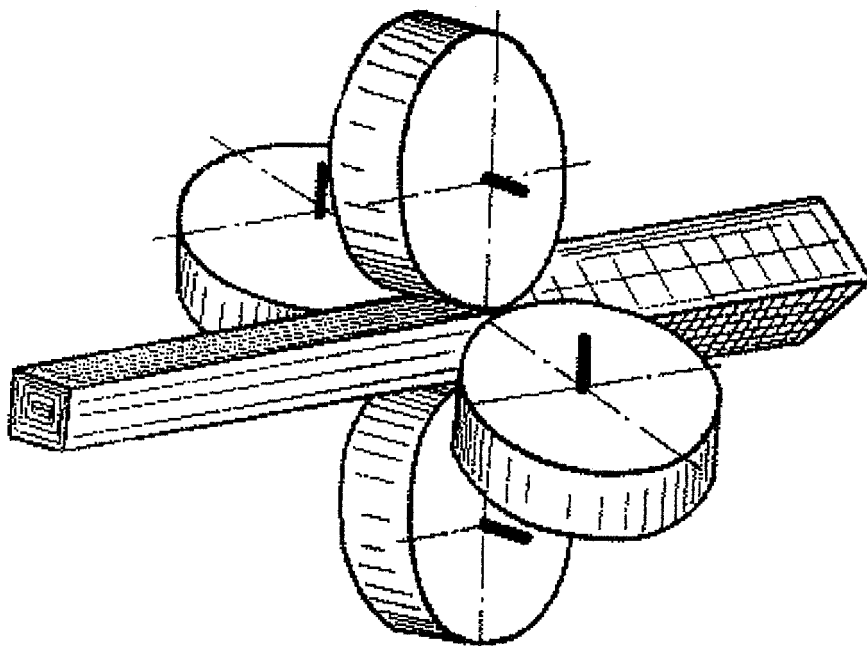


Рис. 1. Схема прокатки квадратной полосы в четырехвалковом калибре

На основе многочисленных изобретений (на конструкцию станов и технологической оснастки получено более 50 авторских свидетельств и патентов РФ, США, Японии, Германии, Франции, Швеции и других стран) разработан целый ряд типоразмеров станов с многовалковыми калибрами разного назначения [1-7]. Выполнены их рабочие проекты, несколько десятков одноклетевых и многоклетевых станов изготовлены предприятиями черной и цветной металлургии, машиностроения, авиационной и других отраслей промышленности. Одно-

и двуклетевые станы типа МК-330 (330 - номинальный диаметр валков в мм) с трехвалковыми калибрами установлены на Верхнесалдинском металлургическом производственном объединении (прокатка изделий специального назначения из сплавов на основе титана), в НПО «Тулачермет» (прокатка изделий специального назначения из порошковых заготовок молибдена).

Станы с четырехвалковыми калибрами делятся на несколько типов. Наиболее простыми по конструктивному исполнению являются станы типа МК-380 с двумя приводными и двумя холостыми валками. Одноклетевой стан такого типа показан на рис. 2 [2].

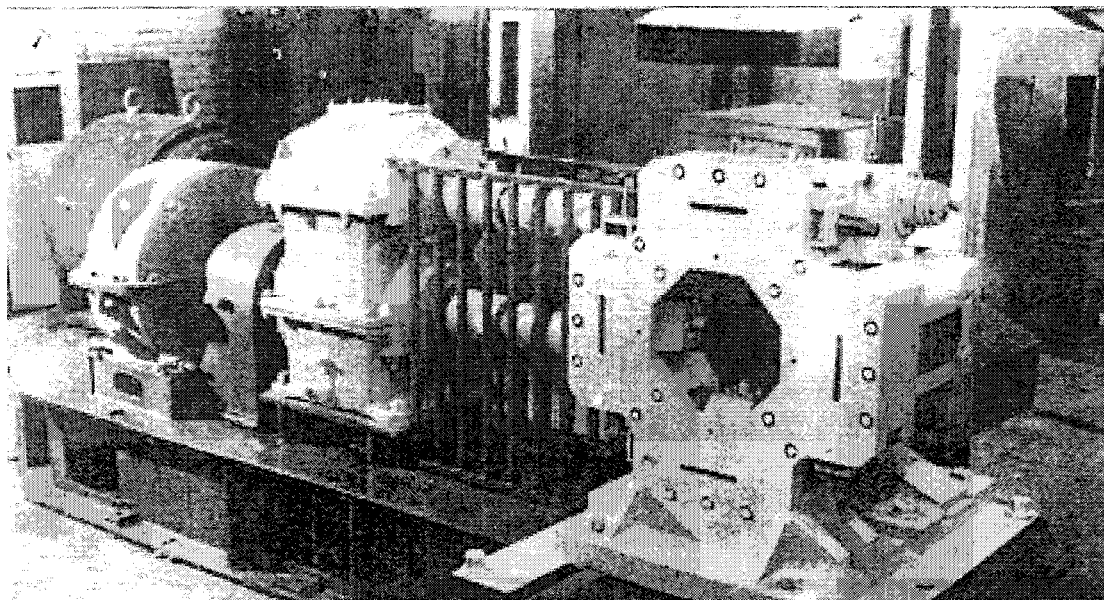


Рис. 2. Общий вид одноклетевого стана

Двух- и многоклетевые станы такого типа установлены на УзКТЖМ, в НПО «Тулачермет» (прокатка изделий специального назначения из порошковых заготовок вольфрама), а также на целом ряде других предприятий.

Однако схема напряженно-деформированного состояния материала при прокатке в четырехвалковом калибре, образованном двумя приводными и двумя холостыми валками, менее благоприятна, чем схема с четырьмя приводными валками. Поэтому на станах типа МК-380 можно прокатывать заготовки с пониженной пластичностью, например из нелегированных молибдена марки МЧ, вольфрама марки ВЧ, из сплавов титана и быстрорежущих сталей. Заготовки из легированных молибдена и вольфрама, из суперсплавов на основе никеля, которые практически не имеют пластичных свойств, можно прокатывать только в четырехвалковых калибрах со всеми приводными валками.

К станам такого типа относятся одно- и многоклетевые станы типа МК-210 и МК-230. Станы установлены на УзКТЖМ, заводе «Победит» (г. Орджоникидзе), заводе «Металлист» (г. Самара), в ПО моторостроения (г. Рыбинск), в ПО «МЭЛЗ» (г. Москва) и на других предприятиях России [8-16].

На рис. 3 показан четырехклетевой стан типа МК-210х4, работающий уже более 20 лет на УзКТЖМ, выпускающий проволочные заготовки из порошковых заготовок молибдена и его сплавов [3].

Для производства слоистых фасонных профилей и заготовок деталей машин из малопластичных материалов, таких, как сплавы тугоплавких металлов, суперсплавы на основе никеля и титана, биметаллические заготовки с хрупкой сердцевиной разработаны конструкции так называемых «универсальных» станков, содержащих сменные кассеты с двух-, трех- и четырехвалковыми калибрами, имеющие все приводные валки [3].

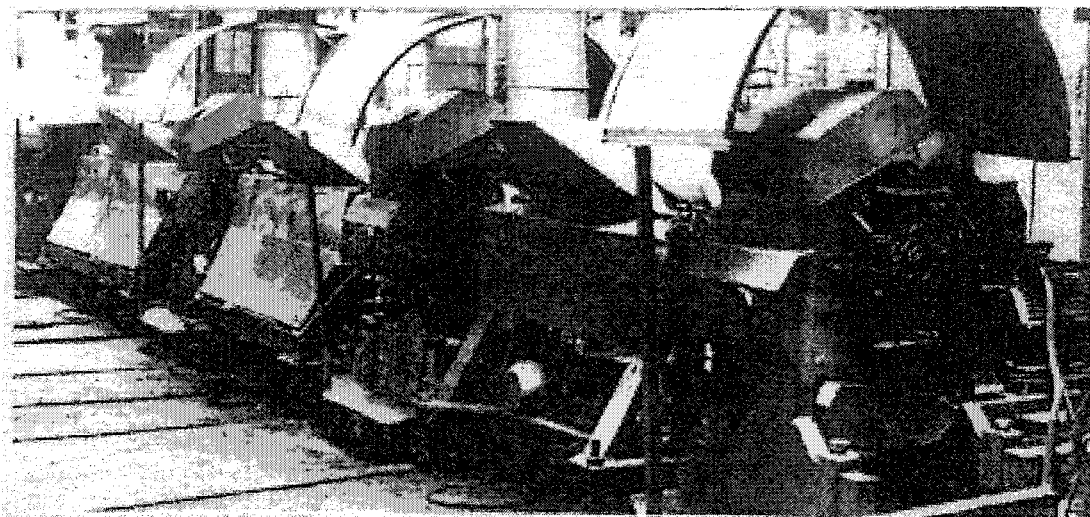


Рис. 3. Общий вид четырехклетевого стана типа МК-210х4

На рис. 4 показан стан типа МКУ-280, установленный на Уфимском моторостроительном производственном объединении и предназначенный для прокатки профилей из суперсплавов. Такие станы работают на многих предприятиях России, в том числе на предприятиях г. Челябинска.

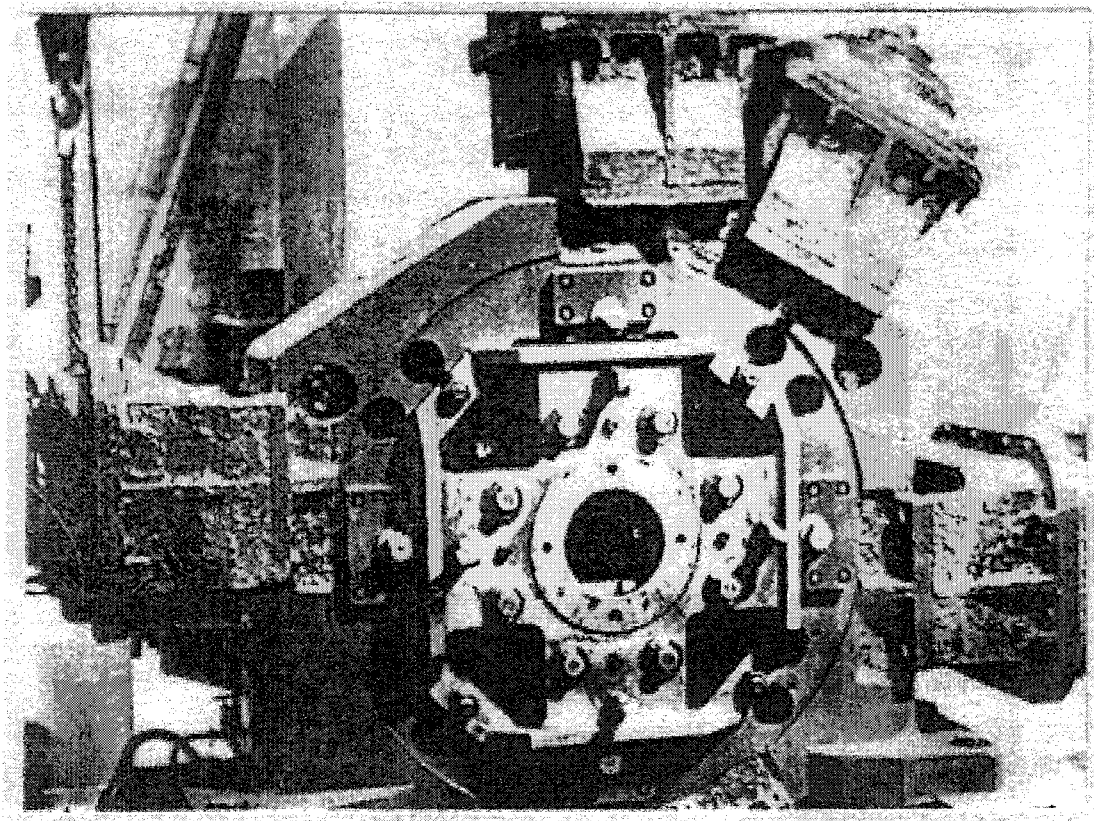


Рис. 4. Общий вид стана типа МКУ-280

Разработан также ряд конструкций многоклетевых непрерывных станов с четырехвалковыми калибрами. Общий вид двухклетевого блока непрерывного стана типа МКН-165х12 показан на рис. 5.

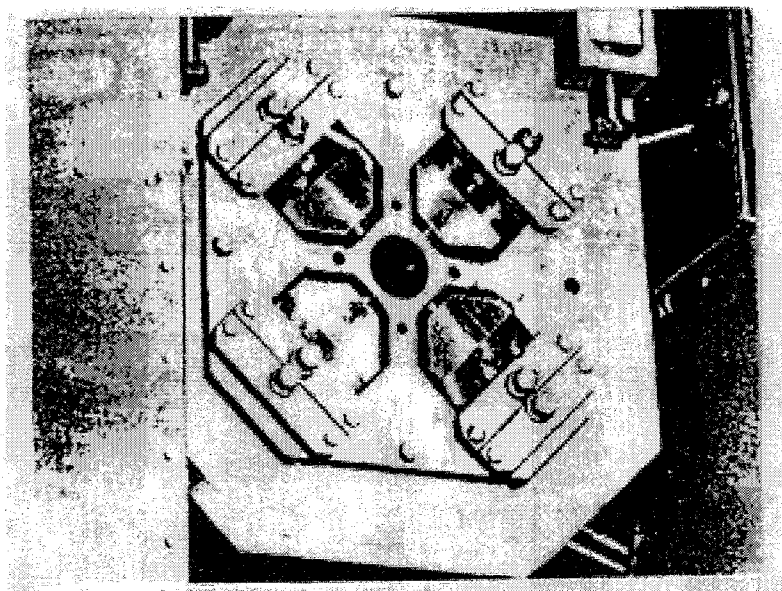


Рис. 5. Блок непрерывного стана

На основе многочисленных изобретений (на новые способы прокатки и обработки давлением другими процессами получены более 50 авторских свидетельств и патентов) разработаны технологии горячей и холодной прокатки простых и фасонных сортовых профилей, заготовок деталей машин, в том числе заготовок лопаток газотурбинных двигателей, а также технологии формовки изделий из порошков и порошковых композиций [1,8-18].

Прокатка молибденовых прутков

Для горячей прокатки молибденовых прутков диаметром от 10 до 22 мм можно использовать исходные круглые диаметром 32 мм или квадратные штабики сечением 34x34 мм. Перед прокаткой штабики необходимо нагревать в муфельной электрической печи с защитной атмосферой водорода до температуры 1350 °С. Разработаны технологии прокатки молибденовых прутков как на станах с трехвалковыми, так на станах с четырехвалковыми калибрами.

Процесс получения прутков диаметром 10 мм на станах с черновой системой калибров, образованной тремя гладкими валками, включает шесть проходов. В первом проходе вытяжка находится в пределах от 1,10 до 1,30, в последующих - от 1,30 до 1,50 при использовании круглых исходных заготовок. Меньшие значения вытяжки относятся к штабикам легированного молибдена марок ЦМ2А и ЦМ6, а большие - к нелегированному молибдену марки МЧ. В чистовых круглых калибрах при задаче в них шестигранных полуфабрикатов вытяжка находится в пределах 1,20-1,25.

При прокатке квадратных штабиков целесообразно использовать системы вытяжных и чистовых калибров, образованных четырьмя валками. При этом в черновых калибрах, образованных гладкими валками, вытяжка при прокатке молибдена марки МЧ увеличивается до 1,80, а при прокатке легированного молибдена до 1,50. В чистовых круглых калибрах при задаче в них восьмигранных полуфабрикатов вытяжка остается в пределах 1,20-1,25.

Новая технология по сравнению с традиционно существующей свободной ковкой прутков диаметром 10-22 мм отличается высокой эффективностью. Разовые обжатия увеличиваются в 5-10 раз, повышается качество поверхности и точность размеров прутков, улучшаются физико-механические свойства изделий.

Для прокатки молибденовых проволочных заготовок диаметром 8 мм используются стандартные штабьки сечением 17x17 мм.

Прокатка выполняется на шестеклетевом стане типа МК-210х6 по системе калибров квадрат - квадрат. Эта промышленная технология освоена на УзКТЖМ еще в 1981 году. Раньше такие проволочные заготовки получали ручной ротационной ковкой с разовыми обжатиями от 5 до 10 % за один полупереход. Заготовка нагревалась до половины ее длины, поскольку задний конец заготовки или полуфабриката для удержания его клещами должен быть холодным.

Прокатка по сравнению с ротационной ковкой позволила сократить количество операций нагрева в 20 раз; производительность прокатного стана в 30 раз выше производительности ротационно-ковочной машины.

Прокатка вольфрамовых прутков

Для горячей прокатки вольфрамовых прутков диаметром от 20 до 30 мм используются круглые штабьки диаметром 50 мм. Прокатка выполнялась в четырехвалковых калибрах, образованных гладкими валками. Перед прокаткой штабьки нагревали в печи с защитной атмосферой водорода до температуры 1400-1450 °С. За пять проходов черновой и один проход чистовой прокатки получали прутки диаметром 20 мм. В первом проходе при прокате вольфрама марок ВЧ и ВРН вытяжка находилась в пределах 1,10-1,20, в черновых - в пределах 1,20-1,45 и чистовых - в пределах 1,15-1,20.

Полученные прутки имеют высокое качество, а технология прокатки по сравнению со свободной ковкой более эффективна. Эта технология освоена в НПО «Тудачермет» еще в 1979 году.

Для прокатки вольфрамовых проволочных заготовок диаметром 7 мм используются стандартные штабьки сечением 11x11 мм. После нагрева в атмосфере водорода до температуры 1300-1400 °С штабьки за пять проходов прокатываются в четырехвалковых калибрах клетей типа МК-230 многоклетевого стана. Эта технология освоена на ПО «МЭЛЗ». По сравнению с ротационной ковкой прокатка во много раз более эффективна.

Прокатка прутков из сплавов никеля

В России разработаны жаропрочные сплавы на основе никеля, например, марок ЖС6КП и ЭП 220, длительно работающие (до 20 000 ч) при температурах 900-950 °С. Зарубежные фирмы называют сплавы, аналогичные указанным по физико-механическим свойствам, «суперсплавами». Из этих труднодеформируемых малопластичных сплавов после многооперационной обработки разными процессами горячей деформации получают заготовки для лопаток газотурбинных двигателей сверхзвуковых самолетов и заготовки деталей бандажирования этих лопаток. Особенно большие проблемы возникают при получении заготовок деталей бандажирования лопаток, которые представляют собой прутки диаметром 8, 10 и 12 мм. Из-за узкого интервала температур проявления пластичности при горячей прокатке можно получить прутки минимальным диаметром 35 мм. После удаления поверхностных дефектов прутки диаметром 30 мм абразивной продольной резкой делят на четыре части, а затем из каждой такой части бесцентровым шлифованием получают прутки диаметром до 10 мм.

Для решения указанных проблем, снижения трудоемкости и уменьшения потерь дефицитных суперсплавов была разработана и реализована на ряде моторных заводов России технология горячей прокатки прутков диаметром 8, 10 и 12 мм на станах типа МК-280 с четырехвалковыми калибрами. В качестве исходных заготовок использованы прутки, полученные на обычных сортовых станах. После удаления поверхностных дефектов (сетки мелких трещин) с помощью бесцентрового шлифования прутки диаметром 30 мм нагревались в печи до температуры 1140-1150 °С и прокатывались в четырехвалковых калибрах. В черновых квадратных калибрах вытяжка находилась в пределах 1,25-1,40, а в чистовых круглых калибрах - в пределах 1,20-1,25.

К особенностям горячей прокатки прутков малых диаметров из суперсплавов можно отнести:

- а) трещинообразование на прутках при прокатке с вытяжкой менее 1,20;

- б) строгий контроль температурного интервала прокатки (от 1120 до 1160 °С);
- в) удельные усилия при прокатке в 3-4 раза выше по сравнению с прокаткой высоколегированных сталей.

Прокатка фасонных профилей из сплавов титана

Известно [14], что современная техника, особенно авиационная, при своем создании потребляет большое количество точных фасонных и тонкостенных профилей из легких сплавов на основе титана.

Существующая технология получения фасонных профилей путем горячего прессования и последующей горячей калибровки на специальных ковочных машинах отличается высокой трудоемкостью и не обеспечивает заданных точности размеров и качества поверхности изделий.

Для устранения указанных недостатков была разработана технология горячей, теплой и холодной прокатки и калибровки фасонных профилей из сплавов титана марок ВТ3-1, ВТ8, ВТ9, ВТ16 и др. на станах с трехвалковыми и четырехвалковыми калибрами. В качестве примера на рис. 6 приведены холоднокатаные фасонные профили, а на рис. 7 - холоднокалиброванные тонкостенные профили из сплавов титана.

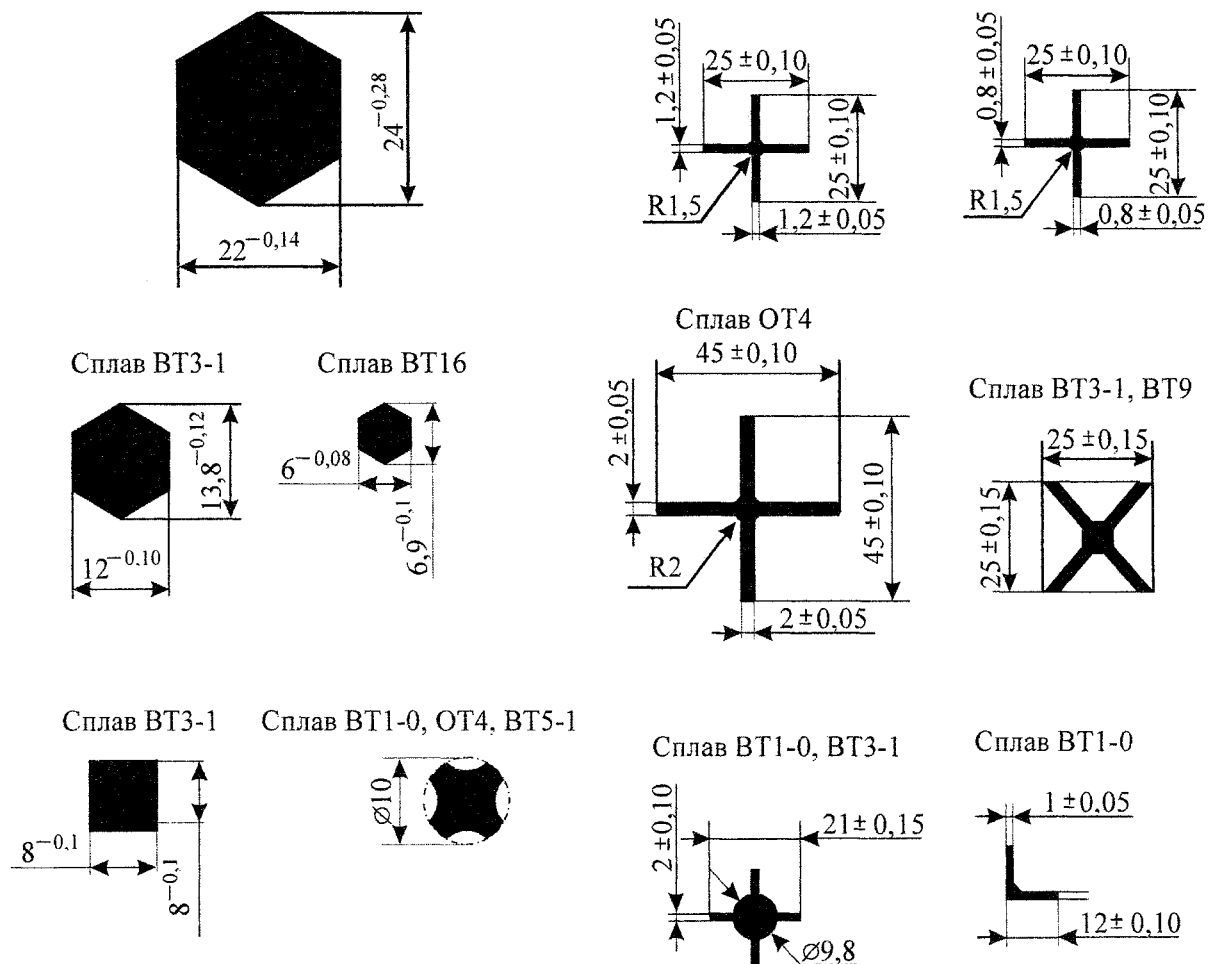


Рис. 6. Холоднокатаные фасонные профили

Рис. 7. Холоднокалиброванные тонкостенные профили

Важное значение при горячей и холодной прокатке имеют материалы и конструкция технологической оснастки. На конструкцию валков и калибровки получено несколько десятков авторских свидетельств и патентов РФ. Некоторые сведения о материалах и конструкциях валковых узлов приведены в работе [16].

Литература

1. Прокатка малопластичных металлов с многосторонним обжатием / Л.А. Барков, В.Н. Выдрин, В. В. Пастухов и др. - Челябинск: Металлургия, Челябинское отделение, 1988. - 304 с.
2. Барков Л.А. Стан для доуплотнения порошковых заготовок // Кузн.-штамп. пр-во. - 1984.-М 10.-С. 31-32.
3. Барков Л.А. Сортовая прокатка порошковых заготовок вольфрама и молибдена // Порошковая металлургия. - 1989. -№11.-С 91- 96.
4. Барков Л.А. Деталепрокатные станы для многостороннего обжатия заготовок //Кузн.-штамп. пр-во. -1988. -М4.-С. 27-31.
5. Vydrin V.N., Barkov L.A., Dukmassov V. G. Application of mill stands with multiroll sets for precision rolling of simple, shaped and die-rolled sections // Pr. of the Iron and Steel Institute of Japan. Japan, Tokyo, 1971. -vol. 11. -P. 214-216.
6. Оборудование для обработки давлением порошков и порошковых заготовок /Л.А. Барков, В.И. Трусовскии, С.А. Мыррин и др. - Челябинск: Металл, 1992. - 296 с.
7. New mills designed to roll hardly-deforming materials / V.N. Vydrin, L.A. Barkov, V. V Pastukhov //Pr. of International Conference «МЕТЕК-79», Germany, Dusseldorf 1979. -P. 133-140.
8. Барков Л.А. Основы теории, разработка и внедрение новых процессов прокатки сортовых профилей из труднодеформируемых металлов и сплавов // Автореф. дис. ... докт. техн. наук. - Свердловск, 1983. - 48 с.
9. Barkov L.A. Rolling of tungsten bars and sem-products // Pr. of the Fifth International Tungsten Symposium. Hungary, Budapest. -1990. - P. 183-201.
10. Барков Л.А. Новые способы сортовой прокатки порошковых заготовок с четырехсторонним обжатием //Порошковая металлургия. -1982. -№12.- С. 21-24.
11. Барков Л.А. Производство проката многосторонней деформацией спеченных заготовок //Цвет, металлы. - 1982. -№10.- С. 67-70.
12. Барков Л.А. Обработка давлением молибдена и его сплавов. - Челябинск: ЧПИ, 1986. - 89 с.
13. Новая технология прокатки прутков малых диаметров из жаропрочных сплавов / В.Н. Выдрин, Л.А. Барков, В.В. Пастухов и др. //Авиационная промышленность. - 1980. - № 4. - С. 65-72.
14. Прокатка титановых профилей на станах с многовалковыми калибрами/ В.Н. Выдрин, Л.А. Барков, В.С. Нагорное и др. // Труды Третьей международной конференции по титану. - М.: ВИЛС, 1977. - С. 169-172.
15. Освоение новой технологии и станов для производства заготовок деталей машин из жаропрочных сплавов / Л.А. Барков, СВ. Заборских, А.А. Кондратьев и др. // Труды Всесоюзной конференции «Новые технологические процессы прокатки». - Челябинск: ЧПИ, 1985. - С. 75-80.
16. Барков Л.А., Мыррин С.А. Инструмент для обработки давлением труднодеформируемых материалов // Труды VII Международной конференции по инструменту. - Венгрия, Мишкольц, -1989. - С. 71- 81.
17. Производство абразивных отрезных кругов на вулканитовой связке / Л.А. Барков, В.А. Павлов, Б.А. Чаплыгин и др. - Челябинск: ЧГТУ, 1997. -145 с.
18. Павлов В.А. Теория и технология прокатки вулканитовых абразивных смесей /Под. ред. Л.А. Баркова. - Челябинск: ЮУрГУ, 1999. - 309 с.