

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕЛКОСОРТНЫХ И ПРОВОЛОЧНЫХ СТАНОВ И РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПУТИ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫПУСКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ПРОДУКЦИИ

КАШАЕВ В.М., КАШАЕВ В.В. (ДонГТУ)

На основе исследований и выполненных разработок показаны рациональные пути повышения эффективности работы проволочных станов.

В промышленно развитых странах устанавливают, как правило, специализированные высокопроизводительные станы, а в развивающихся странах менее производительные станы, на которых можно производить широкий сортамент продукции. И в том и в другом случае стан должен быть рассчитан на прокатку качественных и легированных сталей для строительства и машиностроения. Станы должны иметь гибкую технологическую и организационную структуры, обеспечивающие их высокую эффективность. При разработке станов стремятся обеспечить минимальные капитальные затраты и эксплуатационные расходы, высокую степень использования стана даже при малых партиях заказа, точность размеров выходного проката, качество его поверхности и служебные свойства изделий.

В последние годы уже начали действовать мини-заводы, призванные удовлетворять потребности локальных рынков. Как правило, такие заводы работают по известным схемам выплавки и непрерывной разливки стали с использованием прокатных станов.

Наряду с производством обычной продукции на мини-заводах предусмотрено также производство проката из качественных сталей путем соединения сталеплавильного процесса, непрерывной разливки стали, и ее непрерывной прокатки в единый непрерывный процесс. Основные особенности новой технологии — соединение непрерывной разливки с непосредственным вводом горячей заготовки в стан при использовании в качестве черновой клети установки для обеспечения высокой степени обжатия заготовки.

Новым направлением в прокатке с высокими обжатиями являются поперечно-винтовая прокатка, разработанная в Московском институте стали и сплавов П.И. Полухиным, И.Н. Потаповым с сотрудниками. Заготовку в этом случае деформируют три конических наклонных валка. Такой стан предназначен для прокатки слитков, в том числе полученных на МНЛЗ, в заготовки круглого сечения. Деформируемый металл совершает винтовое движение в образованном тремя валками калибре. Благоприятная схема очага деформации позволяет прокатывать почти все стали, при этом залечиваются внутренние и поверхностные дефекты. Высокие коэффициенты вытяжки за проход (до 25) в сочетании с интенсивными сдвиговыми перемещениями обеспечивают эффективную деформационную проработку структуры металла и повышение в 1,5–2 раза его физико-механических и эксплуатационных свойств.

За рубежом также работают над усовершенствованием процесса поперечной прокатки литых заготовок. Так, в Японии предложен стан, в котором каждый из трех валков вращается вокруг своей оси, и вокруг оси прокатываемой заготовки. Привод осуществляется от электродвигателя через цилиндрическую передачу и планетарные шестерни. Оси валков можно повернуть по отношению к оси прокатки.

Гидравлическое нажимное устройство позволяет регулировать обжатие в самом процессе прокатки. Такой стан предназначен для получения заготовок с высокими обжатиями.

При винтовой прокатке в области больших углов подачи происходит интенсивное залечивание нитевидных трещин, часто образующихся в углах непрерывного слитка. Круглые заготовки благодаря своей форме охлаждаются равномерно, что обеспечивает оптимальные предпосылки для получения поверхности хорошего качества. В свою очередь это позволяет задавать в стан горячую заготовку без специального предварительного контроля наличия дефектов.

Предпосылкой для получения готового проката с высоким качеством поверхности является чередование клетей с горизонтальными и вертикальными валками, причем предусмотрена возможность их перемещения таким образом, что они всегда будут располагаться на неизменной линии прокатки. Кроме того здесь возможно применение дистанционной симметричной установки зазора между валками, установка месдоз и автоматическая настройка клетки. Клеть, удовлетворяющая этим требованиям, бесстанинная, жесткого типа. Современный сортовой стан должен обеспечивать производство готовой продукции, которая по точности размеров соответствует требованиям мировых стандартов.

Возможность компенсации технологических факторов, ужесточающих допуски, реализуется применением дополнительного калибровочного блока за непрерывным станом. Такой калибровочный блок, заимствованный из конструкции трубопрокатных станов, состоит из трехвалковых прецизионных калибровочных клетей.

Чистовые группы всех современных станов рассчитаны на прокатку без кантовки. Только блочная конструкция стана обеспечивает высокие скорости прокатки и производительность при высоком выходе годного мелкого сорта.

Особые преимущества предлагаемой блочной конструкции чистовой и других клетей:

- производство профиля с узкими допусками по размерам и высоким качеством поверхности;
- компактность группы для скоростной прокатки;
- одинаковые и взаимозаменяемые прокатные клетки, не требующие частой замены каких либо элементов;
- твердосплавные прокатные кольца, вмещающие до четырех калибров и обеспечивающие максимальную экономичность;
- смена калибров и валков за несколько минут, что сокращает до минимума простои.

Чистовая группа характеризуется смещенными на 90° одна относительно другой клетями, расположенными под углом $15-75^\circ$ к горизонтали. Такое расположение позволяет опирать приводной вал вблизи фундамента, что значительно уменьшает колебания и шумность. Чистовая линия проста в обслуживании. Все прокатные клетки имеют кольца из карбида вольфрама диаметром $150-220$ мм, все они одинаковы и взаимозаменяемы. Для технического обслуживания это особенно важно. Калибры в кольцах формоустойчивы, имеют длительный срок службы. Полное использование свойств карбида вольфрама достигается тем, что прокатные кольца клетей I-V имеют один-два калибра, а прокатные кольца клетей VI-X десятиклетевой чистовой линии — до четырех калибров.

Для повышения технологических свойств проката на стане предусмотрены несколько вариантов регулирования температуры.

При термомеханической прокатке улучшаются механические свойства конструкционной стали и обеспечивается гомогенная микроструктура благодаря проведе-

нию чистовой прокатки при сравнительно низких температурах. Водяное охлаждение при термомеханической прокатке осуществляется за промежуточными клетями и перед чистовой группой. В отличие от обычных прокатных станов предлагаемая технология предусматривает наличие больших зон выравнивания температур. Такое выравнивание между поверхностью прутка и его сердцевиной до допустимого уровня необходимо для образования равномерной структуры в сердцевине готового изделия.

Ряд сталей, как, например, некоторые нержавеющие и инструментальные, необходимо из-за их свойств прокатывать в узком интервале температур. Именно поэтому высокие обжаты, обеспечивающие улучшенный температурный профиль по всей длине заготовки, дают значительные преимущества в сравнении с обычными технологиями прокатки.

Охлаждение готового профиля с температуры прокатки, дополнительные участки водяного охлаждения расположены за калибровочной группой и перед моталками. Они служат для улучшения микроструктуры металла и уменьшения образования вторичной окалины.

Аустенитизация некоторых сталей требует их охлаждения водой до 400°C. Это должно исключить последующую термообработку и применимо только для аустенитных нержавеющих сталей. Таким образом, технологии и оборудование проектируемых высокоскоростных мелкосортных и проволочных станов учитывают, как ранее принятые и подтвержденные практикой технологические решения, так и новые требования, возникшие на современном этапе. Прежде всего, эти требования связаны с изменившимися ценами энергоресурсов, значительным ростом экспорта металлопродукции, что требует и повышения ее качества.

Совершенствование технологии производства мелкого сорта и катанки на существующих станах в условиях сложившихся производственных циклов может использовать ряд концепций вновь проектируемых объектов, однако основные подходы в обеспечении энергосбережения и качества продукции, как показывает опыт работы на стане 150 ОАО «ММК» требуют специальных подходов и технико-экономических решений. Поэтому вопросы математической формализации рациональности технологического процесса прокатки являются актуальными, позволяющими создавать основы для анализа и динамического управления процессом.

В данной работе сделана попытка, дать математическое выражение основным показателям, характеризующим рациональность и экономичность схемы калибровки.

На проволочных станах менее разнообразный сортамент, чем на сортовых станах. Поэтому рационализация общих схем калибровки проволочных станов проводилась на основе специализации, полного использования длины заготовки, и также с учетом обеспечения качественных показателей: точности размеров и величины обезуглероженного слоя, наиболее трудно выполнимых при производстве катанки.

Исходя из этого, критерий рациональности общей схемы калибровки проволочного стана $K_{\text{рац}}$ можно разбить на четыре показателя: универсальности общей схемы калибровки и марочного состава K_y , производительности стана $K_{\text{п}}$ и качества K_k , формоизменения f_{λ} .

Показатель рациональности схемы прокатки $K_{\text{рац}}$ можно представить в следующем виде:

$$K_{\text{рац}} = (K_y + K_k + f_{\lambda}) \cdot 0,05 K_{\text{п}}. \quad (1)$$

Анализ работы станов показал, что чем больше величина $K_{\text{рац}}$, тем выше рациональность схемы калибровки. Величина $K_{\text{рац}} \geq 1,0$ считается близкой к оптимальной.

Результаты расчетов рациональности общих схем калибровки ряда станов стран СНГ, аналогичных стану 150 ОАО «ММК», позволили на основе анализа улучшить его показатели.

Одним из наиболее важных, для удовлетворения нужд рынка и обеспечения прибыльности в условиях изменяющейся рыночной конъюнктуры, оказался показатель расширяющий марочный сортамент продукции K_v в сторону освоения выпуска инструментальных, подшипниковых, легированных и высоколегированных сталей.

Не менее важным показателем, характеризующим к. п. д. деформации, является коэффициент формоизменения:

$$f_\lambda = 1 - \lambda \cdot \Delta S_\beta / \Delta S_\gamma, \quad (2)$$

где ΔS_β и ΔS_γ — площади, соответствующие уширению и высотной деформации; λ — коэффициент вытяжки.

В предельных случаях будем наблюдать следующее:

- если $\Delta S_\beta \rightarrow 0$, тогда $f_\lambda \rightarrow 1$ (нет уширения);
- если $\Delta S_\beta \rightarrow \Delta S_\gamma$, тогда $f_\lambda \rightarrow 0$ (нет вытяжки).

Установленная связь формоизменения с работой деформации [1] свидетельствует о том, что увеличение вытяжной способности калибров ведет не только к снижению числа пропусков, но и к снижению удельного расхода энергии на деформацию. Такой показатель легко позволяет оценить любую систему калибров с точки зрения к. п. д. деформации и отдать предпочтение энергосберегающим вариантам, если нет других соображений.

Это в свою очередь позволило провести корректировку пусковых калибровок стана 150 ОАО «ММК» с целью снижения энергозатрат, что реально дало до 2,5% экономии. Решению проблемы снижения себестоимости продукции стана 150 могли бы способствовать создание совмещенных сталеплавно-прокатного мини-комплекса (модуля) или переход на непрерывнолитую заготовку других заводов.

Кафедрой ОМД ДонГТУ проведена работа по изучению возможностей стана при переходе на прокатку легированных сталей и сплавов. Разработана методика расчета калибровки круг — овал — круг учитывающая класс прокатываемых сталей. Рассчитаны энергосиловые параметры по клетям чистового блока с учетом неполного разупрочнения металла, свидетельствующие о допустимости возможных нагрузок.

Исследования эксплуатационной стойкости прокатных валков на стане 150 ОАО «ММК» показали, что в рациональной эксплуатации дорогостоящего инструмента карбида-вольфрама хранятся большие резервы экономии.

Отечественный и зарубежный опыт использования бандажей и валков из хромовольфрамовых сталей или твердых сплавов показал, что их применение не решает проблему в целом ряде случаев по причине выкрашивания инструмента и существенного удорожания продукции. Поэтому разработка способа прокатки, совмещающего достоинства производительного процесса прокатки с качественными показателями волочения, позволил бы создать эффективную экономичную технологию и ин-

струмент для получения как простых, так и специальных видов фасонных профилей проката.

Разработанный комбинированный процесс прокатки и волочения в калибрах со свободно падающими элементами совмещает в себе достоинства двух процессов: прокатки (использование активной силы трения для захвата, деформации и передачи раската) и волочения (высокая точность, чистота поверхности, большая равномерность механических свойств, возможность получения профилей с резкими переходами контура). При прокатке на непрерывных станах с использованием комбинированного процесса снижается влияние межклетевых сил (подпора, натяжения) на точность и стабильность размеров по длине проката.

На кафедре ОМД ДонГТУ проведены теоретические и экспериментальные исследования нового процесса прокатки круглой и полосовой стали с волочением кромок металла между свободно вращающимися элементами калибра. При одинаковой по ширине металла высотной деформации центральная частота деформируется между приводными валками в режиме прокатки, одновременно боковые участки в режиме волочения. При этом волочение осуществляется за счет активных тянущих сил прокатки центральной зоны. Получено условие захвата и установившегося режима деформации. Проведена экспериментальная проверка полученных выражений.

Проведены экспериментальные исследования влияния зон волочения на вытяжку и уширение металла. Установлено, что при волочении боковых частей через неподвижные элементы, величина уширения уменьшается на 40–60%.

Промышленная эксплуатация инструмента на стане 150 ОАО «ММК» показала, что эпо́ра скольжения по периметру калибра значительно благоприятнее, чем в традиционном процессе, что существенно уменьшает износ калибра. Снижение величины уширения повысило к. п. д. деформации и снизило энергозатраты на 20%.

Исследования динамики в калибре и характера износа валков стана позволили получить статистическую модель, которая положена в основу алгоритма автоматической компенсации влияния износа валков на переменные процесса прокатки. Важным результатом является также вывод о экономической целесообразности использования чугунных шайб в тихоходных промежуточных группах стана, вместо шайб из ВК. Как свидетельствует опыт выхода из энергетического кризиса стран западной Европы можно достичь снижения удельного расхода энергии путем улучшения организации производства. Так, например, недопущением работы на холостом ходу, отключением при перерывах в работе, сокращением до минимума частоты переходов на другой сортамент, оптимизацией обслуживания и ремонтных работ, возможно снижение энергозатрат до 10%.

Следует отметить, что существуют и другие идеи по снижению энергозатрат, такие как низкотемпературный нагрев исходной заготовки и др., однако, как показала практика, к ним нужно относиться осторожно, поскольку отрицательные эффекты могут привести к мнимой экономии общих затрат.

Список литературы

1. Исследование зависимости формоизменения и энергетических затрат при освоении нового способа прокатки на стане 150 ОАО «ММК» // Кашаев В.В., Дронов В.Л. // сб. научных трудов конференции. Наука, производство, предпринимательство — развитию металлургии. — Донецк: «ЛИК», 1998. — 300 с. 207-210

© Кашаев В.М., Кашаев В.В., 1999.