

УДК 621.771.65

Доброносов Ю. К.
Гущин А. В.
Кралин А. К.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПОПЕРЕЧНОЙ ПРОКАТКИ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ СФЕРИЧЕСКИХ МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ

Исследования технологических режимов и конструктивных параметров механического оборудования для различных процессов обработки давлением позволяют в более полной мере использовать возможности оборудования по отношению к увеличению производительности и технико-экономических показателей. Тем более что для процессов производства осесимметричных металлоизделий со сферической поверхностью с целью повышения качества готовой продукции весь спектр возможности компьютеризации проектно-конструкторских работ исчерпан далеко не полностью. Отмеченное свидетельствует об актуальности проведения дальнейших исследований, направленных на обобщение результатов математического моделирования и разработку на данной основе конкретных практических рекомендаций, а также программных средств по автоматизированному проектированию [1].

В основу количественного и качественного анализа степени и характера влияния основных технологических и конструктивных параметров процесса поперечной прокатки были положены результаты численной реализации полученных математических моделей и соответствующих им программных средств [2, 3].

В качестве примера результатов проведенных исследований на рис. 1 представлены расчетные распределения силы P_n и момента M_n процесса поперечной прокатки шаровых втулок из латуни Л68 в зависимости от текущих значений соотношения глубины внедрения инструмента и наружного диаметра исходной заготовки h/d , а также в зависимости от величины радиальной подачи dR_g верхнего рабочего валка. Данные расчета были проведены применительно к лабораторно-промышленному стану 100×100 Г ДГМА, специально переоборудованного для осуществления процесса поперечной прокатки [4].

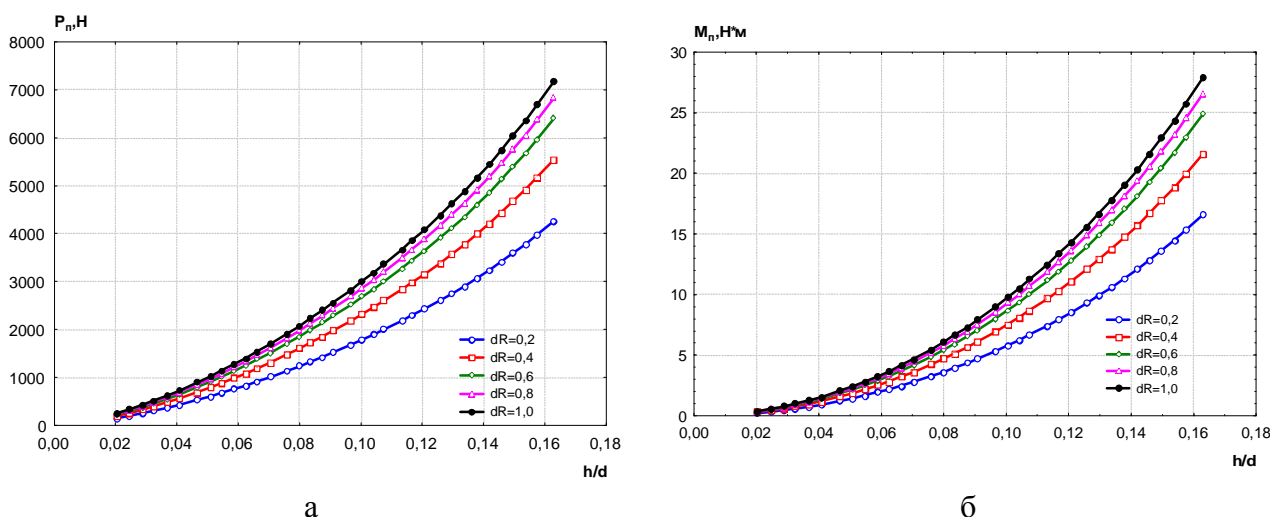


Рис. 1. Расчетные распределения значений силы P_n (а) и момента M_n (б) процесса поперечной прокатки шаровых втулок в зависимости от текущих значений соотношения величины глубины внедрения инструмента и наружного диаметра исходной заготовки h/d , а также в зависимости от величины радиальной подачи верхнего рабочего валка dR_g ($t_{np} = 600^\circ\text{C}$, $D = 28$ мм, $d_{on} = 16$ мм, $d = 24$ мм, $V_{np} = 0,1$ м/с, латунь Л68)

Анализ представленных (см. рис. 1) результатов подтверждает полученные теоретические [2, 3] и экспериментальные [5] выводы о существенном увеличении силы и момента прокатки, которое имеет место при увеличении геометрического соотношения h/d и увеличении радиальной подачи dR_g верхнего рабочего вала. При этом более интенсивный рост энергосиловых показателей процесса прокатки наблюдается при незначительном увеличении радиальной подачи.

Целью данной работы является разработка программных средств по автоматизированному проектированию технологических параметров процесса поперечной прокатки шаровых втулок, учитывающих технологические возможности конкретного производства.

При решении поставленной задачи использовался метод предельных оценок, включающий итерационную процедуру по целенаправленному перебору вариантов. В частности, исходя из результатов предварительного анализа условий реализации процесса поперечной прокатки, было установлено, что увеличение радиальной подачи рабочих валков dR_g однозначно приводит к повышению энергосиловых параметров, при этом величина силы P_n может превысить предельно допустимое значение $[P_n]$, определяемой паспортными характеристиками конкретного оборудования, то есть его составом и конструктивными особенностями. С другой стороны, увеличение dR_g обуславливает снижение протяженности временного цикла обработки одного металлоизделия и, как следствие, способствует повышению удельной производительности и ряда других технико-экономических показателей.

С учетом изложенного выше автоматизированное проектирование технологических параметров процесса поперечной прокатки шаровых втулок было сведено к решению задачи по определению величины радиальной подачи рабочих валков dR_g , соответствующей условию максимально полного использования технологических возможностей оборудования конкретного стана, то есть условию $P_{n \max k} \approx [P_n]$.

Решение данной задачи было осуществлено на основе метода предельных оценок с использованием итерационной процедуры по целенаправленному перебору вариантов, имеющей в данном случае следующую аналитическую интерпретацию:

$$dR_{g(k+1)} = dR_{gk} + A_{dR_g} \text{sign}\{[P_n] - P_{n \max k}\}, \quad (1)$$

где k – порядковый номер очередного цикла итерационной процедуры решения;

A_{dR_g} – шаг изменения величины радиальной подачи рабочих валков dR_{gk} , величина которого была принята переменной в зависимости от степени приближения к искомому результату;

$\text{sign}\{[P_n] - P_{n \max k}\}$ – функция знака, соответствующая количественно:

$$\text{sign}\{[P_n] - P_{n \max k}\} = \begin{cases} +1 & \text{при } [P_n] > P_{n \max k}; \\ 0 & \text{при } [P_n] \approx P_{n \max k}; \\ -1 & \text{при } [P_n] < P_{n \max k}, \end{cases} \quad (2)$$

$P_{n \max k}$ – расчетное согласно полученной численной математической модели максимальное значение силы процесса поперечной прокатки при данной k -ой величине радиальной подачи рабочих валков dR_{gk} .

В качестве целевой функции по определению текущего значения силы P_n в этом случае была использована численная математическая модель напряженно-деформированного состояния металла при поперечной прокатке шаровых втулок. При этом анализ результатов (рис. 2) ее численной реализации, выполненных применительно к производству шаровых втулок из латунной заготовки на стане ДГМА [4], позволил установить следующее:

– с увеличением текущего значения соотношения глубины внедрения инструмента h и наружного диаметра исходной заготовки d , проектируемое текущее значение радиальной подачи dR_g рабочих валков снижается, при этом интенсивность указанного снижения может достигать 20 % и более (см. рис. 2);

– более существенное снижение проектируемой радиальной подачи dR_g имеет место в случае увеличения наружного диаметра исходной заготовки d (см. рис. 2).

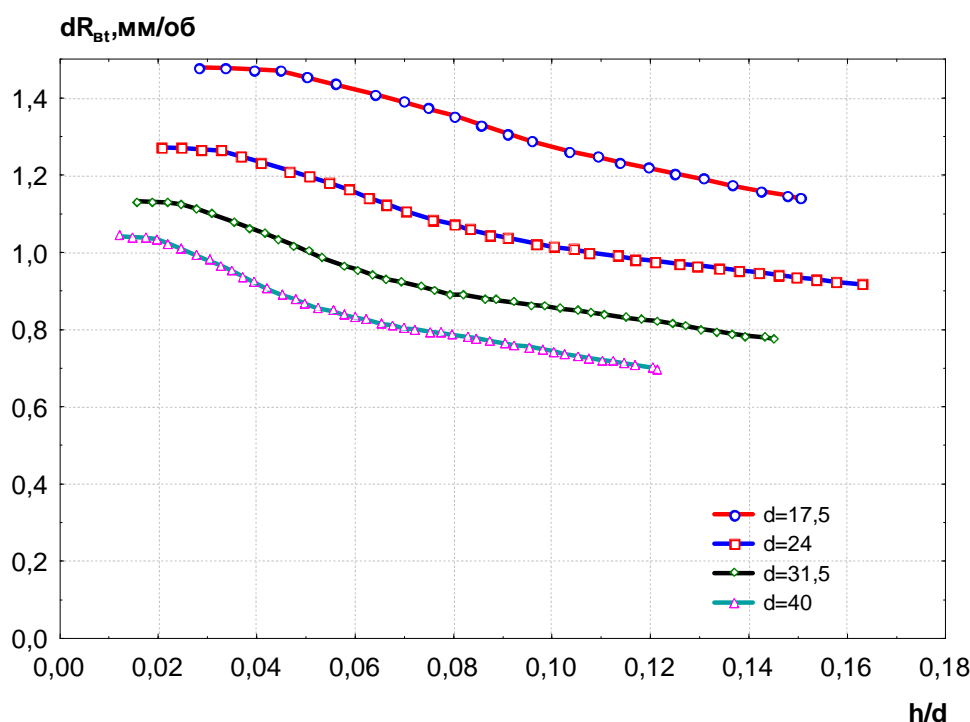


Рис. 2. Расчетные распределения проектируемой радиальной подачи dR_g рабочих валков в зависимости от соотношения глубины внедрения инструмента h и наружного диаметра исходной заготовки d , а также в зависимости от наружного диаметра исходной заготовки d ($t_{np} = 600^\circ\text{C}$, латунь Л68)

Помимо указанных выше проектируемое значение радиальной подачи dR_g зависит также от материала, радиусов рабочих валков и ряда других параметров, что свидетельствует о многофакторности решаемой задачи и подтверждает целесообразность использования автоматизированного подхода. Следует отметить, что наряду с автоматизированным проектированием радиальной подачи при поперечной прокатке полученные результаты и соответствующие им программные средства могут быть использованы применительно к исследованию влияния подачи инструмента на качество получаемой продукции, а именно механизма нарушения геометрической формы прокатываемых изделий.

С точки зрения снижения вероятности дефектообразования и повреждения рабочего инструмента при его контакте с оправкой, что было выявлено экспериментально, следует обеспечить такие условия прокатки, при которых произойдет отрыв деформируемого изделия от основной части металла в момент полного заполнения калибра.

Таким образом, автоматизированное проектирование данных условий поперечной прокатки шаровых втулок заключалось в решении задачи по определению глубины внедрения рабочего инструмента h в заготовку, соответствующей условию отрыва прокатываемой детали от остальной заготовки $S_z \geq S_{в\ отр}$ (рис. 3). При этом в этот момент должно происходить полное заполнение калибра, то есть должно обеспечиваться условие окончания цикла прокатки $Y_6 = a$. Реализация данного мероприятия позволит исключить такую операцию, как последующая обработка торцов, тем самым больше приблизив форму заготовки к форме готового изделия, а также исключит возможность нежелательного контакта рабочего инструмента с оправкой. В свете изложенного выше представляет интерес технологическая схема процесса поперечной прокатки шаровых втулок, с необходимым рассчитанным значением диаметра исходной заготовки d исходя из вышеуказанных условий.

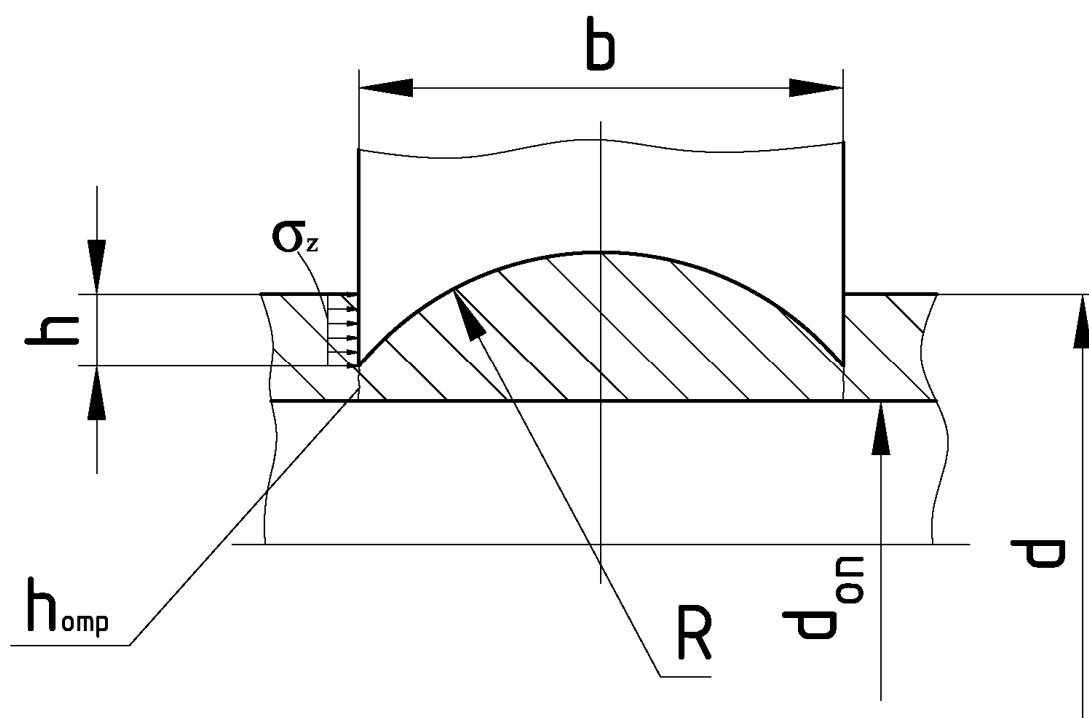


Рис. 3. Принципиальная схема процесса поперечной прокатки шаровых втулок, предполагающая отрыв прокатываемой заготовки от основной части металла

Использование данного подхода позволит уменьшить количество используемых переходов при производстве данного типа изделий и увеличить срок эксплуатации рабочего инструмента, что в свою очередь непременно будет способствовать снижению себестоимости производимой продукции.

Среди других практических рекомендаций технологического плана, направленных на повышение технико-экономических показателей процессов производства осесимметричных металлоизделий со сферической и конической поверхностью, в частности, шаровых втулок, следует отметить следующие:

- интенсификация кинематических параметров работы оборудования и сокращение протяженности технологических пауз, направленное на стабилизацию температурных режимов и снижения удельной энергоемкости;

- выбор рациональных температурных режимов прокатки, обеспечивающих снижение количества потребляемой энергии, затрачиваемой при индукционном нагреве заготовок, в зависимости от материала прокатываемых изделий.

Полученные результаты технологического плана в виде программных продуктов и практических рекомендаций используются в ООО «КНИВС» (г. Краматорск) и Донбасской

государственной машиностроительной академии при разработке технологических режимов работы и уточнении исходных данных на проектирование оборудования для реализации процесса поперечной прокатки.

ВЫВОДЫ

На основе результатов количественного и качественного анализа влияния исходных параметров процессов поперечной прокатки осесимметричных металлоизделий, а именно шаровых втулок, выполненного с использованием полученных теоретических решений, установлено, что с увеличением соотношения глубины внедрения инструмента h к наружному диаметру исходной заготовки d , и подачи деформирующего инструмента dR_g , текущие значения энергосиловых параметров данной технологической схемы возрастают.

С учетом полученных градиентных оценок сформулированы и решены программно задачи по автоматизированному проектированию технологических режимов, обеспечивающих максимальную удельную производительность при одновременном учете технологических возможностей механического оборудования и требований, предъявляемых к потребительским свойствам готовой металлопродукции.

На основе анализа механизма формирования поверхностей готовых изделий при поперечной прокатке применительно к производству шаровых втулок были установлены причины дефектообразования и с использованием автоматизированного проектирования найдены такие условия процесса прокатки, при которых отрыв готового изделия от остальной части заготовки происходит до касания рабочих валков с оправкой, что обеспечивает требуемое качество получаемой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Совершенствование технологических режимов поперечной прокатки осесимметричных ребристых металлоизделий / С. В. Капорович, О. Ю. Неня, А. В. Гуцин, А. А. Иванов // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : темат. зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 2006. – С. 188–192.
2. Численное математическое моделирование напряженно-деформированного состояния металла и расчет энергосиловых параметров при поперечной прокатке шаровых втулок / Ю. К. Доброносков, А. В. Гуцин, Е. Г. Литвинова, О. Ю. Неня // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : темат. зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 2008. – С. 303–307.
3. Доброносков Ю. К. Исследование напряженно-деформированного состояния металла и расчет энергосиловых параметров при производстве шаровых втулок / Ю. К. Доброносков, А. В. Гуцин, О. Ю. Неня // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля : науковий журнал. – Луганськ, 2008. – Ч. 2. – № 8. – С. 112–118.
4. Доброносков Ю. К. Оборудование для реализации процесса поперечной прокатки шаровых втулок / Ю. К. Доброносков, А. В. Гуцин, О. Ю. Неня // Захист металургійних машин від поломок : зб. наук. пр. – Маріуполь, 2008. – Вип. 10. – С. 136–140.
5. Экспериментальные исследования процесса поперечной прокатки при производстве осесимметричных металлоизделий / С. В. Капорович, А. В. Гуцин, А. А. Иванов, О. Ю. Неня // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : темат. зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 2007. – С. 476–479.

Доброносков Ю. К. – канд. техн. наук, доц. кафедры АММ ДГМА;

Гуцин А. В. – ассистент кафедры АММ ДГМА;

Кралин А. К. – канд. техн. наук, доц. ДонНАСА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

ДонНАСА – Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г. Макеевка.

E-mail: amm@dgma.donetsk.ua