

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 621.778

А.Г. Корчунов, К.Г. Пивоварова, В.Н. Лебедев, В.Е. Семенов, Е.А. Слабожанкин

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛЫХ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА
МЕТИЗНЫХ ИЗДЕЛИЙ*

В современном метизном производстве многие технологические процессы базируются на применении малых пластических деформаций. Малые пластические деформации в пределах от 2,0 до 15% используются как на операциях формоизменения, так и на этапах отделочной или упрочняющей обработки с целью окончательного формирования необходимых механических свойств, точности геометрических размеров и качества поверхности изделий, изменения знака и величины остаточных напряжений от предшествующей обработки, повышения релаксационной, циклической и коррозионной стойкости (см. рисунок).

Малые пластические деформации применяют в технологических процессах производства калиброванной стали простой и фасонной формы, арматурной проволоки периодического профиля для армирования железобетонных конструкций, пружинных клемм для железнодорожных рельсовых скреплений, пластически обжатых канатов, стабилизированной высокопрочной проволоки, крепежных и других видов изделий. Характерной особенностью при этом является холодная обработка малыми пластическими деформациями заготовки больших сечений с различным исходным структурным состоянием, сопровождающаяся значительным изменением основных механических свойств металла. Исходная заготовка может быть горячекатаной, холоднодеформированной, предварительно подвергнутой различным видам термического воздействия, а в ряде случаев и поверхностной механической обработке.

Комплексное изучение особенностей влияния малых пластических деформаций на формирование потребительских свойств метизных изделий и определение на этой основе эффективных управляющих воздействий на объект обработки, обеспечивающих получение требуемого качества продукции и стабильность технологических про-

цессов, является одной из актуальных задач метизной отрасли.

В настоящей работе приводятся некоторые результаты исследований формирования качества метизных изделий малыми пластическими деформациями на примере технологических процессов производства калиброванной стали и железнодорожных пружинных клемм.

В технологических процессах производства калиброванной стали малые пластические деформации используются на операциях окончательного формоизменения при калибровании металла в бунтах, либо совместно с последующими отделочными операциями правки или правки – полирования при выпуске холоднотянутых прутков.

Калибрование представляет одну из разновидностей процесса однократного холодного волочения исходного подката с небольшими обжатиями в коническом очаге деформации с целью придания высокой точности размеров и повышения качества поверхности профиля. Наряду с достижением этих двух важных показателей качества необходимо обеспечить при калибровании требуемый комплекс механических свойств продукции. Процесс характеризуется неравномерностью пластического течения поверхностных и центральных слоёв металла в очаге деформации, что определяет особенности распределения деформаций и напряжений по сечению обрабатываемых профилей [1]. При некотором сочетании технологических параметров это приводит к возникновению неблагоприятного напряженного состояния в очаге деформации с преобладанием напряжений растяжения. Такое напряженное состояние в зависимости от механических свойств материала, его структуры, степени деформации при калибровании и параметров рабочего инструмента может привести к снижению сопротивления металла к разрушению, понижению твердости во внутренней области изделия и явлению «разрыхления» [2]. Возникающая при этом схема распределения остаточных напряжений по сечению изделия приводит к искривле-

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

нию профиля в продольном направлении и требуется для обеспечения прямолинейности калиброванной стали выполнения дополнительной отделочной операции – правки. При калибровании волокна испытывает большие распорные усилия и упруго деформируется, а диаметр получаемого металла становится отличным от диаметра волокна в ненагруженном состоянии. После снятия нагрузки это приводит к упругому последствию и некоторому увеличению размеров профиля в радиальном направлении. Совместное действие указанных факторов обуславливает отличие размера профиля после калибрования от размера калибрующей зоны волокна. Процесс калибрования обладает рядом положительных особенностей. Высокая жесткость и степень отделки поверхности рабочего инструмента, значительные давления на поверхности контакта, длительное время пребывания элементарного объема металла в очаге деформации, а также локализация деформации в периферийных слоях способствуют значительному формоизменению исходного микрорельефа поверхности заготовки. Это приводит к тому, что при калибровании даже за одну протяжку достигается высокое качество поверхности.

Изучали вопросы формирования качества поверхности и точности размеров калиброванной стали при волочении в монолитной волоке в области пластических деформаций от 5 до 15%. Эксперименты проводились в калибровочном цехе ОАО «ММК-МЕТИЗ» на промышленных партиях углеродистых и легированных сталей марок 10, 20, 35, 45, 20Г2Р, 40Х, 40С2А, АС14. Для оценки качества поверхности калиброванной стали использовали высотный параметр шероховатости Ra .

Измерения параметра шероховатости Ra в продольном и поперечном направлениях выполняли на образцах калиброванной стали по методике ГОСТ 2789 на профилометре PGN-1 (Mahr GmbH, Германия). При исследовании формирования точности размеров профиля величину упругого последствия определяли как разницу между диаметром калибрующей зоны волокна, размер которой после отделки контролировали шаблонами с точностью до 0,01 мм, и диаметром получаемой калиброванной стали, который измеряли микрометром МК 0–25 по ГОСТ 6507.

Для обработки результатов экспериментов использовали пакет программ «Statistica» и «Mathcad Professional».

В результате получили статистические модели, описывающие изменение высотного параметра шероховатости Ra калиброванной стали в зависимости от технологических факторов процесса калибрования и параметров исходной заготовки:

– в продольном направлении

$$\frac{Ra_{np}}{Ra_{0np}} = 1,63 - 1,27 \frac{d_0}{d_1} + 0,28 \frac{\sigma_B}{\sigma_{B0}} - 0,01\alpha - 0,23 \frac{l_{кп}}{d_1}; \quad (1)$$

– в поперечном направлении

$$\frac{Ra_{non}}{Ra_{0non}} = 4,11 - 2,41 \frac{d_0}{d_1} + 0,23 \frac{\sigma_B}{\sigma_{B0}} - 0,058\alpha - 0,98 \frac{l_{кп}}{d_1}; \quad (2)$$



где Ra_{np}/Ra_{0np} и Ra_{non}/Ra_{0non} – критерии, характеризующие изменение параметра Ra в продольном и поперечном направлениях соответственно; d_0/d_1 – критерий, характеризующий степень деформации при калибровании; σ_B/σ_{B0} – критерий, характеризующий упрочнение стали при калибровании; α – критерий, характеризующий угол рабочего канала волоки; $l_{кл}/d_1$ – критерий, характеризующий форму калибрующей зоны волоки.

Анализ зависимостей (1) и (2) показал, что при калибровании изменение параметра шероховатости поверхности стали Ra в поперечном направлении происходит в меньшей степени, чем в продольном. Угол рабочего канала волоки и степень деформации оказывают большее влияние на поперечный микропрофиль поверхности стали, чем на продольный. Упрочнение металла в процессе деформации одинаково воздействует на изменение высотного параметра шероховатости поверхности калиброванной стали как в продольном, так и в поперечном направлениях. Анизотропия шероховатости поверхности калиброванной стали $Ra_{np}/Ra_{non} < 1$, т.е. характерна направленность микрорельефа преимущественно вдоль оси калибрования.

Зависимость диаметра калибрующей зоны волоки от номинального диаметра и содержания углерода в стали с учетом величины упругого последействия и предельного отклонения размеров профиля по качеству h11 по ГОСТ 7417 выглядит следующим образом:

$$d_{гол} = 0,9962 \cdot d_1 + 0,0483 \cdot C - 0,097, \quad (3)$$

где d_1 – номинальный диаметр калиброванной стали; C – содержание углерода в стали, %.

На базе зависимости (3) разработана таблица для экспресс-определения диаметра калибрующей зоны волок по заданному диаметру калиброванной стали, изготавливаемого из углеродистых марок сталей.

Статистические модели (1)–(3) служат основой для определения результативных режимов процесса калибрования, обеспечивающих достижение требуемого уровня качества поверхности и точности размеров профиля.

Другим направлением исследований явилось изучение возможностей расширения роли малых пластических деформаций в формировании качества пружинных клемм ОП105 из кремнистой стали 40С2. Пружинная клемма спроектирована с небольшим запасом прочности, и проблема повышения ресурса ее работоспособности без изменения

конструкции и перехода на дорогостоящие марки стали особенно актуальна. В настоящее время малые пластические деформации в производстве клемм используются при окончательном контроле их качества при сдаточных испытаниях. Процесс осуществляется путем холодной осадки петли клеммы регламентированным усилием на стенде специальной конструкции. В результате упрочняющего эффекта [3] стабилизируются геометрические размеры клемм, выявляется брак по термообработке, повышается несущая способность изделий. Особенность эксплуатации пружинных клемм заключается в том, что наиболее нагруженными являются их поверхностные слои. Напряжения кручения и изгиба, действующие в поверхностных слоях и принимающие наибольшие значения в местах технологических перегибов клемм, могут при неудовлетворительном качестве поверхности приводить к их излому и выходу из строя.

В технологии производства пружинных клемм качество их поверхности формируется в результате взаимодействия различных методов термического, механического и деформационного воздействия на металл. Наиболее значительно поверхность видоизменяется на операции резцово-обточкой, цель которой заключается в удалении дефектов поверхности исходного подката металлургического происхождения и обезуглероженного слоя после структурного отжига. Последующие операции формоизменения предусматривают холодную пластическую деформацию обточенной прутковой заготовки путем изгиба при малых значениях относительных радиусов гибки. При этом наружные слои прутка получают значительную пластическую деформацию растяжения. В этих условиях образовавшиеся в процессе резания микронеровности являются неблагоприятными концентраторами напряжений и могут инициировать развитие дефектов поверхности, которые усугубляются на стадии выполнения закалочных операций и выявляются только при контрольных испытаниях или в процессе эксплуатации клемм.

Решение этой проблемы возможно за счет обработки поверхности обточенной стали малыми пластическими деформациями путем продольной обкатки. Выполненные исследования [4] показали, что обкатка обточенной стали позволяет существенно повысить качество ее поверхности. Применительно к действующей в ОАО «ММК-МЕТИЗ» технологии производства пружинных клемм наиболее рациональным вариантом реализации этого способа является совмещение операций обкатки и правки обточенной стали на вспомогательном оборудовании холодногибочного автомата. В раз-

витии этого направления необходимо провести исследования по определению параметров калибровок правильно-задающих валков и степени их отделки, а также деформационных режимов обработки, обеспечивающих повышение качества поверхности обточенной стали перед выполнением операций холодной гибки.

Важным фактором повышения качества пружинных клемм после выполнения термоупроч-

няющих операций может стать финишная дробеструйная обработка. Такая обработка приводит к уничтожению упругих деформаций растяжения термического происхождения в поверхностных слоях клемм и формированию в последних благоприятных сжимающих остаточных напряжений. Это позволит повысить циклическую и коррозионную стойкость клемм, продлить срок их эксплуатации.

Библиографический список

1. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения М.: Металлургия, 1971.
2. Аркулис Г.Э., Копыловский Х.И. Влияние условий волочения на образование трещин в проволоке // Сталь. 1970. № 3.
3. Шалин В.Н. Расчет упрочнения изделий при их пластической деформации. М.: Машиностроение. 1971.
4. Влияние способа обработки на состояние поверхности и калиброванного металла / Корчунов А.Г., Чукин В.В., Пивоварова К.Г. и др. // Вестник МГТУ. 2003. № 3.

УДК 621.771

В.Н. Дерманский, Н.В. Хмелевцов, Г.А.Куницын, Р.В. Файзулина, О.Н.Молева, Д.В.Соханчук

ВНЕДРЕНИЕ И ОСВОЕНИЕ ПРИБОРОВ ИЗМЕРЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ОБЖАТИЯ ПОЛОСЫ НА ДРЕССИРОВОЧНЫХ СТАНАХ 1200 ЛПЦ-3 ОАО «ММК»

На дрессировочных станах листопрокатного цеха № 3 ОАО «ММК» внедрена система автоматического измерения вытяжки полосы (САИВП «Вытяжка»). Определение вытяжки (относительного удлинения) основано на частотном методе измерения скорости прокатываемой полосы до и после обжатия. Метод состоит в том, что разница в пройденном полосой пути за одинаковый интервал времени до и после обжатия равна величине удлинения полосы и прямо пропорциональна разности частот вращения роликов, стоящих перед первой и после второй клетей стана. Частота вращения роликов снимается датчиками световых импульсов. Полученные датчиками импульсы обрабатываются на специально разработанном аппаратно-программном комплексе решений. Величина удлинения полосы в процессе дрессировки рассчитывается через разницу в частоте вращения роликов.

Согласно структурной схеме (рис. 1) датчики импульсов установлены в машинном зале на нижних выходных и верхних входных S-образных роликах.

При вращении роликов импульсы, создаваемые датчиками, поступают на пульт системы. Внутри пульта расположены три модуля ADAM, соединенные между собой по схеме, указанной на рис. 2.

Импульсы поступают в модуль ADAM 4080D, имеющий два канала. Значения импульсов считываются коммуникационным модулем ADAM 4500 с интервалом в одну секунду, совместимым с персональным компьютером. Модуль обрабатывает полученные значения по заложенному алгоритму.

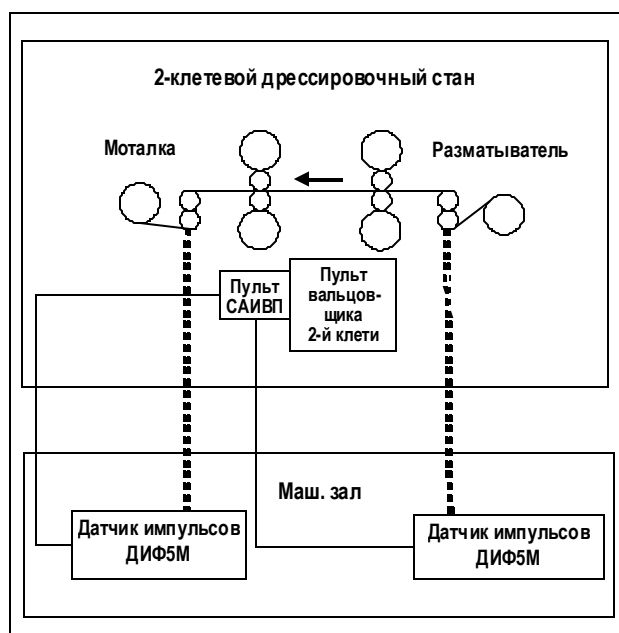


Рис. 1. Структурная схема расположения датчиков импульсов ДИФ5М