

УДК 621.91.01

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ СТАЛЕЙ АУСТЕНИТНОГО КЛАССА

Нгуен Ван Дао, аспирант кафедры машиностроения
Научный руководитель: Максаров В. В., д.т.н., профессор
Санкт-Петербургский горный университет
г. Санкт-Петербург

Аннотация: Представлена аустенитная нержавеющая сталь, обладающая превосходными физико-химическими свойствами. Рассмотрены характеристики, методы механической обработки аустенитной стали с дроблением стружки. Представлен новый метод механической обработки деталей из аустенитной стали на основе локального криогенного воздействия (ЛКВ) и применение в современной промышленности, особенно в нефтегазовом производстве.

Ключевые слова: аустенитная сталь, методы механической обработки, сегментирование и дробление стружки, локальное криогенное воздействие.

Введение

Аустенитная нержавеющая сталь представляет собой типичную нержавеющую сталь, содержащую аустенит в качестве своей первичной кристаллической структуры (гамма-железо и гамма-фазу железа) [1], имеющей гранцентрированную кубическую (ГЦК) решетку. Основными характеристиками аустенитной стали являются высокая формируемость и хорошая коррозионно-стойкость, особая прочность к механическим и температурным нагрузкам и высокая пластичность. Аустенитная сталь немагнитна и не может подвергаться термической обработке, тем не менее, она может быть подвергнута криогенной обработке для повышения упрочнения, стойкости и сопротивления усталости материала [2]. Благодаря этим характеристикам, аустенитная нержавеющая сталь получила большое применение в разных областях промышленности, таких как пищевая, медицинская, автомобильная, аэрокосмическая, военная и нефтегазовая. Аустенитная сталь обладает оптимальной общей производительностью.

Однако, аустенитная нержавеющая сталь обладает невысокой обрабатываемостью из-за следующих особенностей обработки резанием:

– пластическая деформация, возникающая в процессе резания, приводит к увеличению упрочнения материала заготовки. Чем более пластичен материал, и тем больше работу и силы резания надо затратить на снятие одного и того же объема такого материала [3];

– большая температура в зоне резания из-за низкой теплопроводности и большая истирающая способность аустенитной стали вызывают износ режущего клина инструмента, что приводит к выходу режущего инструмента из строя;

- способностью сохранить исходную прочность и твердость ведет к большим нагрузкам на режущую кромку инструмента, следовательно, повредить его;
- пониженная виброустойчивость движения резания из-за высокой упругости при неравномерной пластичной деформации ведет к возникновению вредных вибраций;
- высокая пластичность аустенитной стали ведет к трудности со стружкообразованием и стружкодроблением.

В настоящей современной промышленности существует множества методов при обработке деталей из сталей аустенитного класса, таких как: подбор оптимальных параметров режима резания (скорость, глубина и подача резания), применение смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) для снижения температуры в зоне резания, резанием с вибрациями, термическая обработка (лазерная обработка, индукционная обработка, обработка с применением плазма) и т.д. [4]. Однако эти методы и способы при обработке аустенитной стали не достигаются высокой производительности. Следовательно, нужно разработать новый способ или метод для обработки аустенитной стали с высоким качеством.

Механическая обработка аустенитных нержавеющей сталей на основе локального криогенного воздействия

Криогенная обработка металлов — это процесс обработки металлических заготовок и готовых металлических изделий при сверхнизких температурах (ниже -153°C ($-243,4^{\circ}\text{F}$)) в целях снятия остаточных напряжений и повышения износостойкости деталей [7]. Было исследовано, что под воздействием низких температур и деформации в структуре аустенитной стали происходит мартенситное превращение (γ – железо \rightarrow α - железо). Таким образом, пластичность и вязкость аустенитной стали снижаются, а твердость увеличивается – сталь становится хрупкой, что приводит к повышению обрабатываемости аустенитной нержавеющей стали [7]. Благодаря этому в данной статье предлагается новый способ механической обработки на основе локального криогенного воздействия с применением жидкого азота, обеспечивающий высокое качество обрабатываемых изделий из аустенитной нержавеющей стали. Способ основан на применении нового устройства для образования ЛКВ на обрабатываемой поверхности стальной заготовки из аустенитной нержавеющей стали. Устройство предназначено для подачи жидкого азота на поверхность заготовки в виде полосы локального контактного воздействия, при этом пятно контакта приводит в полосе поверхностного слоя заготовки к фазовому мартенситному превращению, создавая метастабильную структуру. Эта локальная полоса воздействия образует концентратор напряжения. При пересечении плоскость резания с метастабильной зоной формирует сегментацию и последующее дробление на отрезки сливной стружки [5, 6].

Способ механической обработки с дроблением стружки, включающий предварительную подготовку обрабатываемой поверхности стальной заготовки на

основе локального криогенного воздействия жидким азотом, поясняется следующими этапами.

На стадии предварительной технологической подготовки, к локальной поверхности цилиндрической заготовки с исходной структурой с диаметром D_3 под прямым углом β° подводится устройство с жидким азотом. В последующем этапе сопло устройства с жидким азотом настраивается на поверхности заготовки таким образом, чтобы пятно контакта диаметром d_n обеспечивало структурные мартенситные превращения на глубину от 0,3 до 0,5 величины снимаемого припуска $t_{пр}$ и формирования в её поверхностном слое структурной зоны с измененными свойствами. Через сопло устройства с жидким азотом происходит непрерывная подача локального криогенного воздействия под давлением от 0,2 МПа до 0,5 МПа и температурой в диапазоне от -120° до -130°C . В результате происходят фазовые превращения из аустенита в мартенсит, что формирует метастабильную структуру шириной h_m и глубиной b_m . Соплу устройства с жидким азотом сообщают линейное перемещение v_k параллельно осевой линии цилиндрической заготовки по поверхностному слою. Предварительная подготовка заготовки представлена на рис. 1.

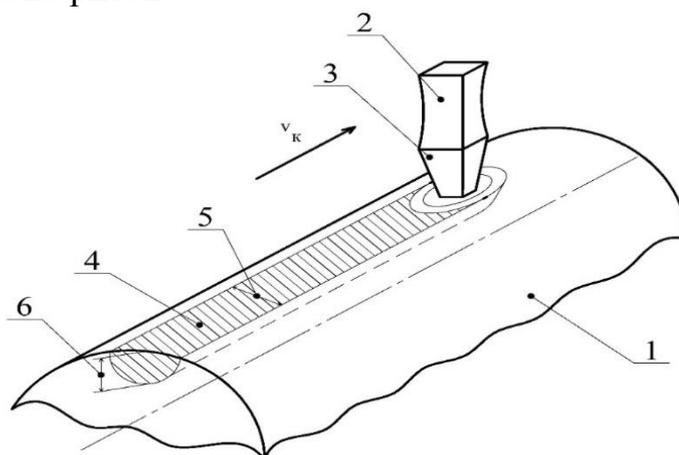


Рис. 1. Схема предварительного локального криогенного воздействия на поверхность цилиндрической заготовки, где: 1 – цилиндрическая заготовка; 2 – устройство с жидким азотом; 3 – сопло устройства с жидким азотом; 4 – метастабильная структура; 5 – ширина метастабильной структуры; 6 – глубина метастабильной структуры

На этапе механической обработки цилиндрической заготовке диаметром D_3 с метастабильной структурой придается вращение с частотой n_3 . В результате происходит срез слоя металла режущим инструментом на глубину резания t_r , которая должна превышать глубину метастабильной структуры. Резание заготовки с ЛКВ показывается на рис. 2.

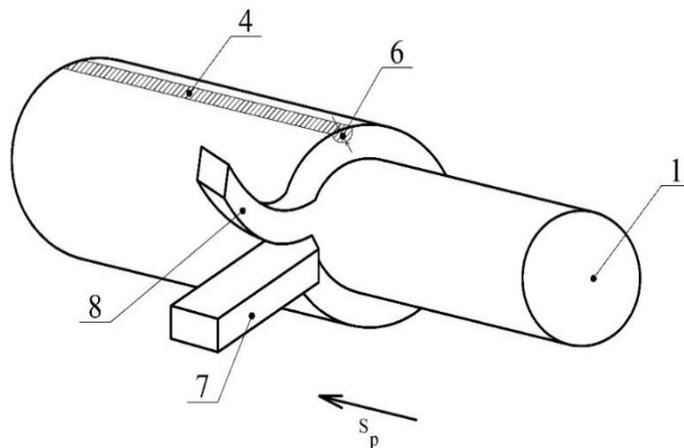


Рис. 2. Схема процесса механической обработки заготовки с метастабильной структурой, где: 6 – глубина метастабильной структуры; 7 – режущий инструмент; 8 – стружка

При этом частоту пересечения плоскостью резания зон локального криогенного воздействия f_m определяют исходя из диаметра заготовки D_3 , необходимой скорости резания V_p м/мин и длины образуемых отрезков $L_{пр}$ прямой стружки зависимостью:

$$f_p = \pi D_3 n_3 / 60 L_{пр} \xi = 1000 V_p / 60 L_{пр} \xi, \text{ Гц}$$

где: ξ – коэффициент продольной усадки стружки; n_3 – частота вращения заготовки, об/мин; $L_{пр}$ – длина отрезков прямой стружки, мм.

Длина отрезков прямой стружки $L_{пр}$, мм, образующейся при точении заготовок, предварительно подвергнутых локальному криогенному воздействию, определяется по формуле:

$$L_{пр} = \pi d_c L_B / h_c,$$

где: L_B – длина образуемых отрезков витой стружки; h_c – шаг витка стружки, мм; d_c – диаметр витка стружки, мм.

При пересечении режущим инструментом зоны с метастабильной структурой происходит сегментация сливной стружки на равные участки L_B , которые в соответствии с ГОСТ 2787-75 должны быть в диапазоне от 100 до 200 мм.

Выводы

1. Аустенитные нержавеющие стали – труднообрабатываемые материалы из-за своей высокой прочности и пластичности, но их применяют во многих областях современных промышленности. Однако традиционные методы механической обработки не обеспечивают требования, предъявляемые к обработке нержавеющих аустенитных сталей. Следовательно, метод, включающий предварительную подготовку поверхности заготовки с помощью локального криогенного воздействия, является целесообразным.

2. Предлагаемый способ механической обработки стальной заготовки аустенитной нержавеющей стали на основе локального криогенного воздействия позволяет: существенно уменьшить шероховатость на предварительно обработанной поверхности, что приводит к увеличению качества полученных изделий; уменьшить динамические силовые нагрузки на режущий инструмент и

снизить колебательный процесс при механической обработке, что приводит к увеличению стойкости режущего инструмента и других узлов технологической системы.

3. Метод механической обработке аустенитных нержавеющей сталей на основе ЛКВ с использованием жидкого азота положительно повлиял на увеличение обрабатываемости, стойкости инструмента и качества эксплуатационных поверхностей изделий. Параметры обрабатываемости, такие как стойкость инструмента, сила резания, стружкообразование; и параметры качества поверхности, такие как шероховатость поверхности, улучшаются при механической обработке на основе локального криогенного воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аустенитная сталь: как получают и где применяется [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://vtmstol.ru/blog/austenitnaya-stal/>.

2. Аустенитная нержавеющая сталь [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://emk24.ru/wiki/stati_i_svodnye_tablitsy/austenitnaya-nerzhaveyushchaya-stal_10379435/.

3. Особенности резания жаропрочных и нержавеющей сталей и сплавов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studfile.net/preview/3549287/page:8/>.

4. Подураев В. Н. Резание труднообрабатываемых материалов. – М.: Высшая школа, 1974. – 587 с.

5. Максаров В.В., Тимофеев Д.Ю., Важенин В.Ю. Способ механической обработки с дроблением стружки. Патент РФ RU 2696512 С1.

6. Ганзбург Л. Б., Максаров В. В., Тимофеев Д. Ю. Процесс точения при предварительном локальном воздействии на обрабатываемый материал // Межвуз. сб.: Машиностроение и автоматизация производства. Вып. 8. — СПб.: СЗПИ, 1998.

7. Криогенная обработка металлов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Криогенная_обработка_металлов/.