

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЫГЛАЖИВАНИЯ

Колотиенко С.Д., Баклаг Г.Н., Журавлев А.В., Бацемакин М.Ю., Ихильчук А.Ю.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. На основе результатов исследования течения металла в очаге пластической деформации при выглаживании пирамидальным инструментом, разработана математическая модель процесса, базирующаяся на анализе напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя.

Ключевые слова. Поверхностная пластическая деформация, течение материала в очаге пластической деформации, профилометрирование, метод линий скольжения; упрочнение; деформированный слой.

PREDICTION OF SURFACE HARDENING RESULTS BASED ON MODELING OF THE SMOOTHING PROCESS

Kolotienko S.D., Baklag G.N., Shhuravlev A.V., Bacemakin M.Y., Ihilchuk A.Y.

Donskoy State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Annotation. Based on the results of the study of the course of metal in the center of plastic deformation when ironed by a pyramidal tool, a mathematical model of the process, based on the analysis of the tense-deformed state of the surface Layer.

Keywords. Surface plastic deformation, the course of the material in the center of plastic deformation, profiling, the method of sliding lines; Hardening deformed layer.

Ресурс работы любой машины в значительной степени зависит от несущей способности сопрягаемых рабочих поверхностей ответственных деталей данной машины. Известно, что методы поверхностной пластической деформации (ППД) позволяют получать улучшенные эксплуатационные характеристики поверхностного слоя. Так как именно здесь зарождаются дефекты, приводящие к выходу из строя деталей, то поверхностный слой в значительной мере определяет надежность и долговечность ответственных деталей машин и механизмов [1].

Для наиболее эффективного применения методов ППД необходимо не только знать параметры упрочненной поверхности (степень упрочнения, глубину и распределение твердости по сечению деформированного поверхностного слоя), но и как получить заданные параметры с помощью пластической деформации определенным методом. Т.е. возникает вопрос о назначении технологических режимов обработки. Причем эти режимы не могут быть «Пробными», а должны однозначно приводить к желаемому результату. Следовательно, теоретическое прогнозирование этих результатов является одной из важнейших задач получения поверхностей с заданными эксплуатационными характеристиками.

Для достижения поставленной цели был выбран метод математического моделирования процесса ППД на основе экспериментальных, а в дальнейшем теоретических методов обработки металлов давлением. Из многообразия методов ППД был выбран процесс выглаживания поверхности инструментом в виде тупоугольной усеченной пирамиды, так как эта форма позволяет меняя независимо друг от друга параметры ее геометрии более свободно управлять результатами процесса в отличие от инструментов с криволинейной образующей.

Так как результаты упрочнения определяются формой и размерами очага пластической деформации (ОПД), то были проведены ряд экспериментов по профилометрированию ОПД, полученных на теле вращения при различных значениях технологических параметров (усилия внедрения инструмента в тело детали, величины продольной подачи, скорости обработки, геометрии инструмента и др.).

Профилометрирование ОПД в двух взаимноперпендикулярных плоскостях (в направлении продольной подачи - рис.1 и в направлении вращения - рис.2) позволило определить картину течения в нем металла.

Первая профилограмма (рис.1) соответствует сечению образца перед ОПД, а восьмая – после него, остальные шесть – получены в наиболее характерных его точках.

Анализируя область контакта можно условно выделить три основных участка: I – профилограммы 1-3 – участок внеконтактной деформации, характеризующийся относительно равномерным увеличением высоты волны металла перед выглаживателем;

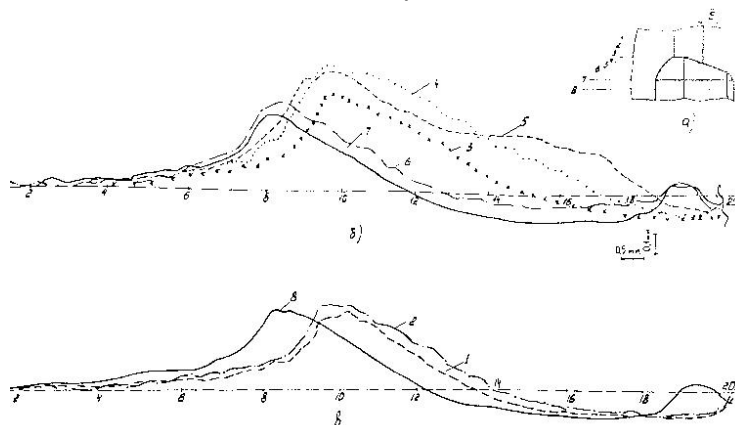


Рисунок 1 – Схема профилометрирования а) и профилограммы ОПД б), в) в направлении продольной подачи

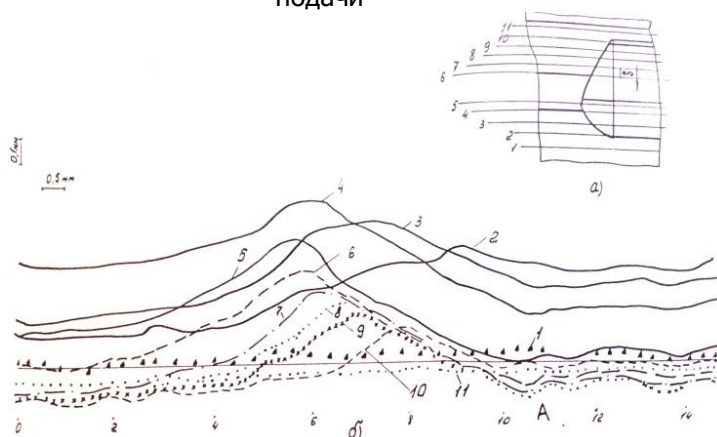


Рисунок 2 – Схема профилометрирования а) и профилограммы ОПД б) в направлении вращения

II участок - профилограммы 4-7 –участок контакта выглаживателя и заготовки. Здесь на 5 профилограмме отчетливо видно движение металла вправо и влево из-под инструмента, при одновременном уменьшении высоты волны. Аналогичная картина наблюдается на профилограммах 6 и 7, однако размеры деформированной поверхности в направлении ее необработанной части увеличились. Это говорит о некотором течении металла в этом направлении. На профилограмме 7 видно завершение формирования ОПД в направлении подачи и в направлении выглаженной поверхности; III участок - профилограмма 8 - участок, лежащий непосредственно за ОПД. Перемещение металла здесь незаметно. Сравнение 1 и 8 профилограмм показывает их полную идентичность, что соответствует стационарной стадии процесса.

Профилометрирование ОПД в направлении вращения (рис.2) выявило следующие результаты: 1- профилограмма соответствует профилю необработанной поверхности, 2-10 – профиль ОПД в направлении вращения и 11- профиль обработанной поверхности по впадине между двумя следами подачи. Анализируя их можно установить, что: от четвертой профилограммы, проведенной через наивысшую точку области контакта, металл как бы раздвигается инструментом в направлении 1 и 11 профилограммы. От 4 - профилограммы в сторону сформированной поверхности происходит почти равномерное уменьшение высоты волны.

На основании экспериментов было установлено, что:

1. Для корректного определения размеров ОПД необходим учет нестационарной стадии процесса пластической деформации, когда инструмент только начинает движение по поверхности детали.

2. В ОПД металл не обтекает инструмент, а осаживается им с некоторым боковым оттеснением металла в плоскости продольной подачи.

Учитывая выше сказанное, была разработана математическая модель течения материала, базирующаяся на основе метода линий скольжения и приближенного энергетического метода.

Построение полей линий скольжений и годографов скоростей проведено упрощенным графическим способом в плоскости продольной подачи инструмента по полупространству при минимальном трении на контактной поверхности детали и инструмента. При этом оптимальные деформирующие углы инструмента θ_1 и θ_0 , составляющие по данным ряда исследователей от 4 до 12 градусов, были заменены на прямые линии (рис.3).

На рис. 3 представлены поля линий скольжения для нестационарной (начальной) и стационарной стадии процесса.

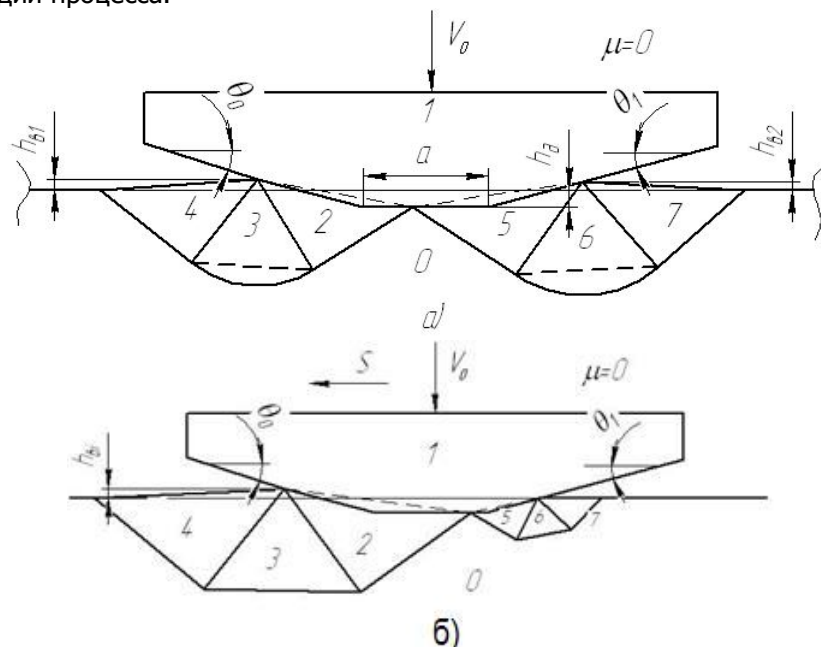


Рисунок 3 - Поля линий скольжения для нестационарной а) и стационарной стадии процесса б)

Из построенных полей линий скольжения видно, что в начале происходит внедрение инструмента в тело детали на величину h_d (рис.3а). При этом на передней и задней гранях инструмента образуются наплывы. Причем высота наплывов зависит от угла наклона соответствующей грани инструмента-пирамиды. При включении продольной подачи S происходит переформирование очага деформации с некоторым изменением поля линий скольжения. На стационарной стадии процесса высота волны деформированного металла h_b не меняется, а поле линий скольжения имеет вид (рис.3б).

Построенные поля линий скольжения совместимы с полями скоростей удовлетворяющими геометрическим и граничным условиям.

На стадии внедрения инструмента (нестационарная) скорость перемещения металла на передней и задней гранях инструмента, а также и точка раздела течения металла влево и вправо зависит от величины углов инструмента. При включении продольной подачи скорость перемещения на передней грани увеличивается по отношению скорости перемещения металла в направлении задней грани. На стационарной стадии скорости перемещения металла практически выравниваются.

Теоретический анализ с использованием предыдущих экспериментальных данных по профилометрированию дает возможность прогнозировать глубину и степень упрочнения поверхности, а также распределения твердости по толщине деформированного слоя.

Созданная на основе этого математическая модель процесса, в виде алгоритма, позволяет при заданных значениях технологических параметров определить формоизменение поверхностного слоя детали, форму и размеры очага пластической деформации, изменение усилия деформирования от начала процесса до стационарной стадии, а также прочностные характеристики упрочненного слоя (глубину и степень, распределение твердости по толщине слоя).

Расчеты по созданной модели показали, что управлять глубиной упрочненного слоя, степенью упрочнения и ее распределением по толщине деформированного слоя можно с помощью изменения силы выглаживания, деформирующих углов и ширины калибрующей части инструмента.

Выводы.

1. Выполнен теоретический анализ процесса ППД выглаживанием тупоугольной пирамидой методом линий скольжения.
2. Разработана математическая модель процесса деформирования поверхности.
3. Установлено, что на степень поверхностного упрочнения, глубину наклепа существенное влияние оказывают величина угла передней грани инструмента в плоскости основного

движения, соотношение между длиной калибрующей части инструмента и продольной подачей, величина внедрения инструмента в тело детали.

Список использованных источников

1. А.В. Киричек. Повышение эффективности упрочняющих технологий. Справочник. Инженерный журнал.: Handbook. An Engineering Journal. № 3 (84). 2004.
2. Баклаг Г.Н., Саркисян С.А. Выбор и обоснование упрощенной модели поверхностной деформации слоя тела вращения пирамидальным индентором. Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: материалы междунар. науч. -практ. конф. в рамках 13-й междунар. агропром. выставки "Интерагромаш-2010", 4-5 марта. – Ростов н/Д, 2010