

РАЗДЕЛ III ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ В МЕТАЛЛУРГИИ

УДК 621.771.01

Доброносов Ю. К.
Иванов А. А.
Бережная Е. В.
Кучеренко А. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТЕКАНИЯ МЕТАЛЛА В КЛИНОВЫЕ ПОЛОСТИ РЕЛЬЕФА НА ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЯ

Самая энергоемкая операция сельскохозяйственного производства, на которую расходуется от 30 до 40 % всей потребляемой в сельском хозяйстве энергии – обработка почвы. Почвообрабатывающие машины работают в условиях абразивного воздействия со стороны перемещаемого материала, твердость которого зачастую близка или даже превышает твердость материала, из которого изготовлен рабочий инструмент машины [1]. Абразивный износ является самым разрушительным и поэтому ежегодно расходуется большое количество металла для изготовления запасных деталей. Для изготовления таких деталей используют средне- и высокоуглеродистые стали 40Г, 45, 65Г, 70Г, Л53, Л65. С целью повышения износостойкости делались попытки применения хромистых сталей типа ХФ, ХГ, ШХ15, Х6Ф1, Х12Ф1, но не получили ожидаемых результатов, т. к. не окупалась стоимость самого изделия [2]. Указанный недостаток усугубляется в ремонтном производстве из-за недостатка или отсутствия необходимых марок сталей для изготовления запасных частей. Таким образом, целесообразным представляется проведение ремонтных работ методом электроконтактной наплавки порошковыми лентами, обеспечивающими заданные характеристики рабочего слоя и позволяющими избежать применения дефицитных и дорогостоящих материалов.

Для увеличения качества сцепления восстанавливаемого изделия и наплавляемого материала предложено создавать микрорельеф на поверхности изделия. Указанный способ позволяет получить на поверхности детали наплавленный слой с высокими эксплуатационными характеристиками [3].

Целью работы является изучение течения наплавляемого материала в пазы микрорельефа и разработка рекомендаций по подготовке поверхности изделия под электроконтактную наплавку.

Для описания процесса затекания материала в клиновидные полости можно использовать модели на основе полей линий скольжения [4] и на основе вариационного моделирования [5]. Однако, несмотря на высокую точность расчетов, существующие модели достаточно сложны и не применимы для оперативных расчетов. Учитывая вышеизложенное, можно отметить актуальность разработки модели для описания предложенного процесса.

Используя допущения о том, что изменение геометрических размеров пластически деформируемого компактного материала (ленты) по толщине от h_0 до h_1 происходит только в поперечные микровыступы, в момент образования физического контакта поверхность восстанавливаемого инструмента с необходимой шероховатостью пластически не деформируется и представив шероховатую поверхность в виде идеализированной повторяющейся вертикальной клиновидной полости предложена математическая модель, выражающая зависимость глубины заполнения клиновидных полостей рельефа поверхности недеформируемого материала пластическим материалом L_{xi} от ширины клиновидных полостей у основания b , изначальной толщины

деформируемого материала h_0 и его толщины в выделенном i -ом объеме в зоне пластической деформации h_{xi} , а также от ширины наплавляемого материала s и угла раскрытия клиновидной полости α :

$$L_{xi} = \left(b - \sqrt{b^2 - 4(h_0 - h_{xi})s \cdot \operatorname{tg} \alpha} \right) / (2 \operatorname{tg} \alpha). \quad (1)$$

Полученная зависимость позволяет управлять качеством сварного соединения за счет оптимизации микрорельефа поверхности инструмента.

Экспериментальная проверка предложенной модели заключалась в поэтапном вдавливании клиновых выступов недеформируемого инструмента в материал заготовки (рис. 1). В ходе экспериментальных исследований проверялись три случая течения пластического материала в зависимости от угла раскрытия у основания клиновидной полости. Угол клиновидной полости поверхности инструмента был принят $\alpha = 30^\circ$ для первого случая, $\alpha = 60^\circ$ для второго и $\alpha = 160^\circ$ для третьего.

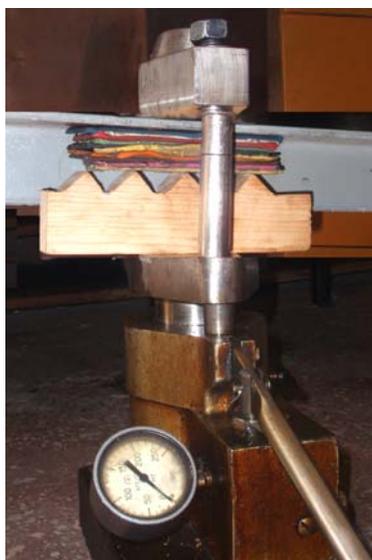


Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки

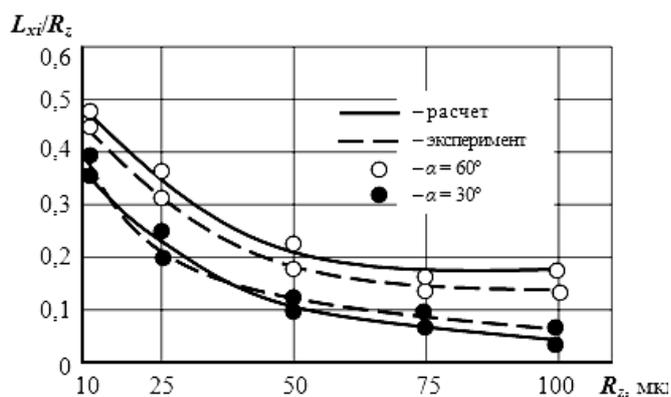
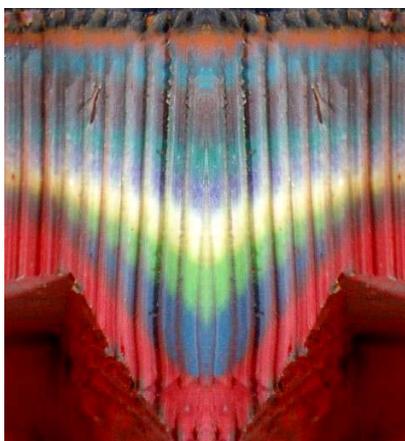


Рис. 2. Расчетные и экспериментальные зависимости L_{xi}/R_z от высоты микровыступов рельефа R_z при различных углах раскрытия клиновидных полостей α



а



б

Рис. 3. Результаты экспериментального исследования процесса деформации пластичного материала вглубь клиновидных полостей недеформируемой пластины с углом при вершине 30° (а) и 60° (б)

На первом этапе фиксировалась глубина заполнения пазов материалом (рис. 2). На втором этапе полученные образцы разрезались по продольной оси симметрии для получения реальной картины течения материала в процессе деформации (рис. 3).

Адекватность предложенной модели подтверждена сопоставлением расчетных данных и результатов экспериментальных исследований (см. рис. 2).

Также моделирование процесса было выполнено с применением метода конечных элементов в пакете QForm. При моделировании оценивали влияние глубины пазов, угла раскрытия клиновидной полости, а также исходной толщины ленты на степень заполнения пазов (рис. 4). Данная модель подтвердила характер течения материала при заполнении пазов, полученный экспериментально (см. рис. 3), что свидетельствует о возможности ее дальнейшего применения.

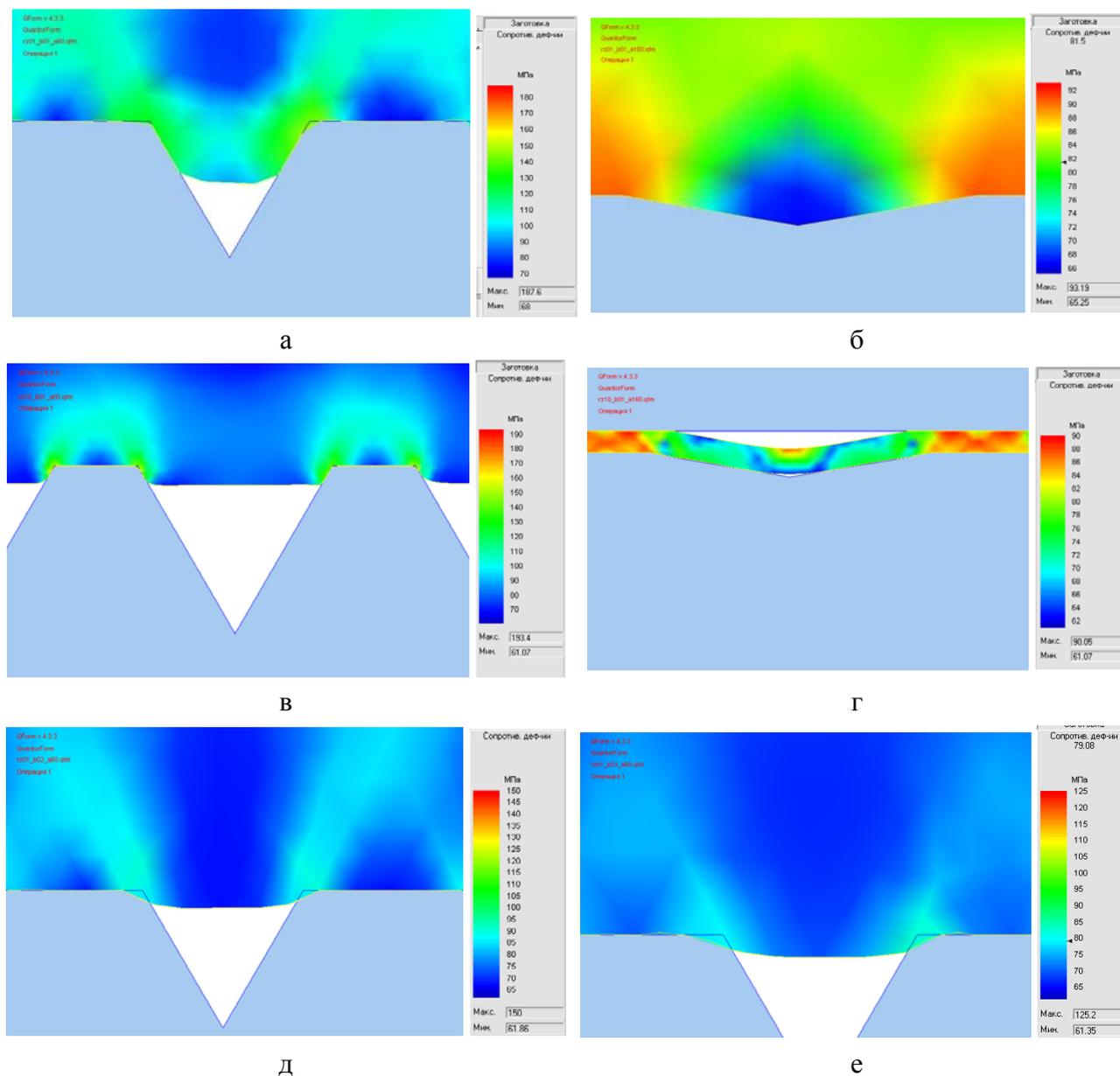


Рис. 4. Результаты моделирования в пакете QForm:

а – $\alpha = 60^\circ$, $Rz = 10$ мкм, $h_0 = 1$ мм; б – $\alpha = 160^\circ$, $Rz = 10$ мкм, $h_0 = 1$ мм;

в – $\alpha = 60^\circ$, $Rz = 100$ мкм, $h_0 = 1$ мм; г – $\alpha = 160^\circ$, $Rz = 100$ мкм, $h_0 = 1$ мм;

д – $\alpha = 60^\circ$, $Rz = 10$ мкм, $h_0 = 2$ мм; е – $\alpha = 60^\circ$, $Rz = 10$ мкм, $h_0 = 3$ мм

Анализ полученных результатов в пакете QForm показал, что увеличение угла раскрытия α приводит к увеличению глубины заполнения пазов (см. рис. 4, а, б), однако с увеличением глубины пазов при больших значениях угла α может наблюдаться нарушение формы наплаваемой порошковой ленты (см. рис. 4, г, д). Увеличение толщины снижает степень заполнения пазов в сравнении с меньшей толщиной при приложении равных усилий (см. рис. 4, д, е).

В целом анализ полученных данных позволяет сделать технологические рекомендации по подготовке поверхности изделия под электроконтактную наплавку, заключающиеся в следующем: на поверхности изделия целесообразно создавать микрорельеф с высотой выступов не более 40 мкм при максимально возможном угле раскрытия клиновых полостей, образующих рельеф, что обусловлено сложностью проникновения деформируемого материала вглубь микровыступов в связи с кратковременностью протекания процесса образования контакта. Таким образом, можно обеспечить получение соединений, обладающих высокими механическими характеристиками.

ВЫВОДЫ

Рассмотрен способ восстановления изношенных поверхностей путем электроконтактной наплавки покрытий, характеризующийся кратковременностью протекания термического цикла совместно с силовым воздействием на наплаваемый материал. Приведена зависимость, позволяющая оперативно управлять качеством сварного соединения за счет оптимизации микрорельефа поверхности инструмента. Проведены экспериментальные исследования рассматриваемого процесса. Приведены результаты конечно-элементного моделирования в пакете QForm. Даны рекомендации по подготовке поверхности изделия под электроконтактную наплавку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тененбаум М. М. *Сопротивление абразивному изнашиванию* / М. М. Тененбаум. – М. : Машиностроение, 1976. – 267 с.
2. Брештейн Д. Б. *Абразивное изнашивание лемешного лезвия и работоспособность плуга* / Д. Б. Брештейн // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. – 2002. – № 6. – С. 39–42.
3. Клименко Ю. В. *Электроконтактная наплавка* / Ю. В. Клименко. – М. : Металлургия, 1978. – 126 с.
4. Численное математическое моделирование напряженно-деформированного состояния при внедрении клинового инструмента в жесткопластическое полупространство / Ю. К. Доброносков, С. В. Капорович, А. В. Гуцин, Е. Г. Литвинова, А. А. Иванов // *Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : тематич. зб. наук. пр.* – Краматорськ : ДДМА, 2008. – С. 149–153.
5. Михеенко Д. Ю. *Математическое моделирование деформированного состояния металла при прокатке с затеканием в целевой паз* / Д. Ю. Михеенко, А. А. Иванов, С. А. Шевцов // *Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : тематич. зб. наук. пр.* – Краматорськ : ДДМА, 2008. – С. 284–287.

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

Иванов А. А. – ассистент кафедры АММ ДГМА;

Бережная Е. В. – аспирант ДГМА;

Кучеренко А. А. – студент ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: amm@dgma.donetsk.ua