

Воздействие технологического газового взрыва на геометрические и физико-механические параметры обрабатываемых деталей.

Божко В.П., Дьяченко Ю.В., Чирок А.П.  
Проскурин С.Д., Гарамов Г.Г.

В связи с широким использованием взрывных технологий актуально является проблема изучения влияния импульсных нагрузок на обрабатываемые изделия, т.е. исследование технологической наследственно приобретаемой деталию.

Рассмотрим случай реализации термоимпульсной зачистки, при которой излишки в виде заусенцев, облоя, грата и др. удаляются за счет воздействия на деталь газового взрыва. Наиболее существенными его параметрами являются ударная волна ( $V = 1000 \text{ М/с}$ ), тепловой поток ( $\bar{q} = 2,5 \dots 3,0 \cdot 10^4 \text{ Вт/см}^2$ ), высокая температура (до 3000 К), динамическое давление и др.

Под воздействием этих факторов наряду с удалением излишков имеет место оплавление острых кромок и микронеровностей, температурные деформации и другие сопутствующие явления, которые приводят к изменению геометрических и физико-механических характеристик поверхностного слоя.

Особое значение для эксплуатационных показателей деталей имеют параметры обработанных кромок, в частности, радиусы скругления, которые обычно регламентируются в конструкторской документации. При термоимпульсном воздействии наблюдается устойчивый эффект плавного скругления кромок, причем на границе скругления происходит переход от расплавленного металла, который удаляется турбулентным тепловым потоком, к зоне кристаллизации за счет интенсивного отвода тепла в глубину детали.

Перепад температур, влияющий на структурные изменения в этой зоне, оценивается величиной, составляющей 5...10% от температуры плавления [1,2]. Для расчета радиуса скругления кромки (Рис.1) использован метод конформных отображений в его приложении к задачам нестационарной теплопроводности [3].

Характерный размер  $\epsilon$ , определяющий границу застывания расплава, связан с текущей длиной границы отвода тепла АВ и теплофизическими параметрами материала следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \epsilon = \xi L_{AB} \\ 1/2 \xi = \tau \frac{2k}{2+k} \end{cases} \quad (I)$$

$$\text{здесь } \tau = \frac{\lambda t}{\rho c (L_{AB})^2} ; \quad k = \frac{c}{L} (T_{пл} - T_{кр})$$

где  $T_{пл}$  — температура плавления,  $T_{кр}$  — температура кристаллизации,  $t$  — время оплавления изливка,  $L_{AB}$  — характерный размер,  $\lambda, \rho, c, L$  — коэффициенты теплопроводности, плотность, удельная теплоемкость, удельная теплота плавления.

В безразмерный параметр  $\tau$  входит время  $t$ , необходимое для оплавления заусенца размерами  $L \times h$  в турбулентном тепловом потоке [4].

Для момента окончания теплового импульсного воздействия характерный размер  $\epsilon$  принимает значение  $\epsilon = \xi \left( \frac{\pi}{2} R \right)$ , а решение системы уравнений (I) даёт величину радиуса скругления кромки в виде:

$$R = \sqrt{\frac{2\lambda}{\rho c}} \cdot \sqrt{\frac{2k}{2+k}} \cdot \sqrt{t}$$

Анализ данной зависимости с учётом данных для  $t$  из [4] показывает, что стабильное скругление кромок будет иметь место для определенных соотношений  $L/h$ . Например, для чистого

железа это соотношение, рассчитанное по данной методике, составляет  $L/h = 4,56$ , что обеспечит полное оплавление заусенцев с углом при вершине  $\alpha \leq 12^\circ$ . Предельный радиус скругления кромки составит при этом  $R=h$  (Рис.2).

Экспериментальная проверка полученной методики осуществлялась на основе металлографического анализа кромок деталей до и после термоимпульсной обработки для конструкционных легированных сталей. На рис.3 приведены семейства кривых, построенных согласно зависимости (2) с указанием полученных радиусов округления. Из рисунка следует, что эти значения радиусов лежат в расчетной области.

Проведенные металлографические исследования также показали значительное изменение микротвердости в поверхностном слое. Установлено, что для заданной плотности энергии величина упрочнения и глубина закаленного слоя определяются углом при вершине удаляемого воступа, о чём свидетельствуют экспериментальные графики для стали 40X (Рис.4,5).

Трещин, необратимых деформаций и других дефектов после термоимпульсной зачистки не наблюдалось.

Указанные изменения физико-механических свойств могут быть устранены последующей термообработкой. Если же техпроцессом она не предусмотрена, влияние упрочнения на эксплуатационные показатели детали требует дополнительных исследований.

Схема скругления кромки.

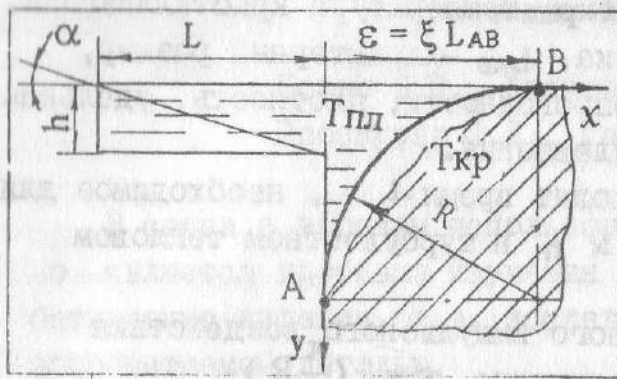


Рис.1

Радиус скругления кромки

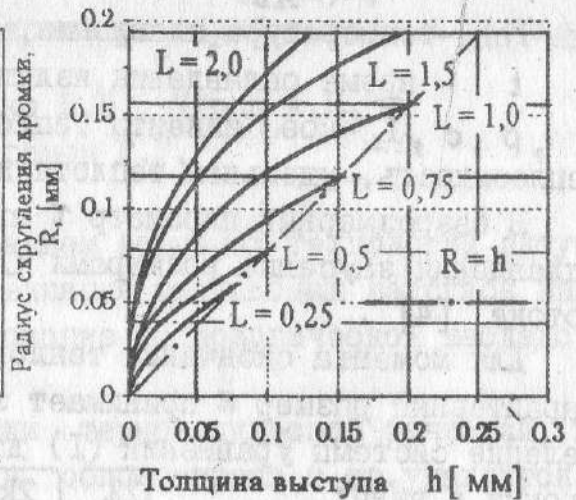
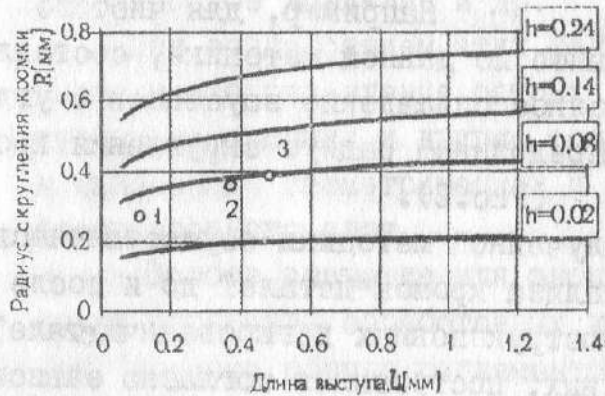


Рис.2

Сталь 38ХА



Сталь 30ХГСА

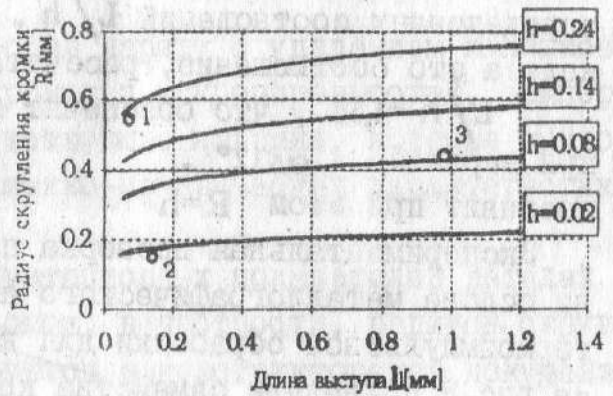


Рис.3.

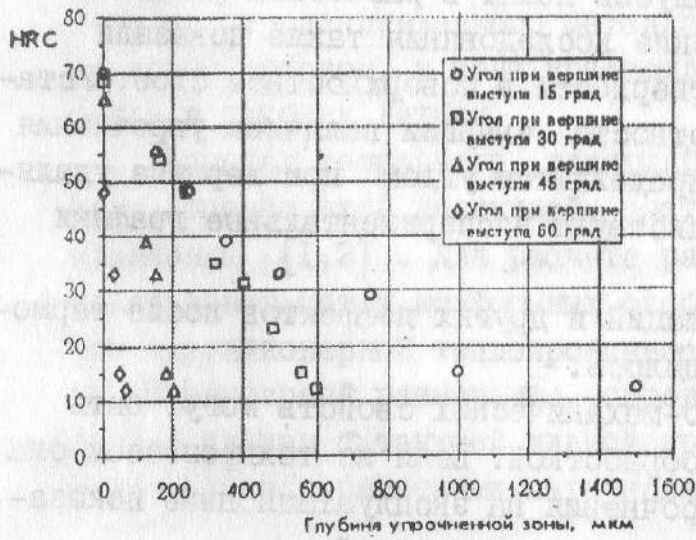


Рис.4



Рис.5

Опыт показывает, что отмеченный эффект упрочнения может быть полезно использован с целью повышения стойких свойств детали, а так же как самостоятельный процесс в новых импульсных технологиях (закалка, сварка, клепка и др.), на которые оформлены соответствующие приоритетные документы.

Таким образом разрабатываемая методика позволяет оптимизировать параметры импульсных техпроцессов с учетом технологической последовательности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Попова Н.В., Федоров И.П., Попов Е.Г. Действие плазмы взрыва на железоуглеродистые сплавы. — Физика горения и взрыва, № 4, 1980, С.142-149.
2. Попов Е.Г., Попова Н.В., Кучеренко Е.С. Изменение структуры сталей при импульсном воздействии высоких температур и давлений. — Физика металлов и металловедение, 1979, т.47, № 6, С.1190-1196.
3. Самолювич Ю.А. Решение двумерной задачи Стефана в квазистационарном приближении. — Теплофизика высоких температур, 1975, т.13, № 1, С.137-145.
4. Божко В.П., Крутиков С.Л. Методика расчета основных параметров термоимпульсной зачистки. — Автоматизация и современные технологии, 1995, № 8, С.17-19.