

когда основную УВ догоняют волны, отраженные от центра симметрии.

Таким образом, проведенные расчеты показали, что при любых значениях γ и $\gamma_1 \neq 1$ решение в конце концов выходит на автомодельное [3]. Однако при увеличении потерь энергии на излучение, т. е. при $\gamma_1 \rightarrow 1$, время выхода на это решение становится бесконечно большим. Поэтому в реальных ситуациях, когда УВ сильно высвечивает, затухание волны за время основного выделения лучистой энергии происходит согласно выражению [1]: $D \sim r_s^{-\nu}$, где $\nu = 1, 2$ и 3 для плоского, цилиндрического и сферического случаев.

Поступила в редакцию 24/XII 1984

ЛИТЕРАТУРА

1. И. В. Немчинов, И. А. Трубецкая, В. В. Шувалов. Докл. АН СССР, 276, 4, 858.
2. Л. И. Седов. Методы подобия и размерности в механике. М.: Наука, 1981.
3. Г. И. Баренблатт. Подобие, автомодельность, промежуточная асимптотика. М.: Гидрометеиздат, 1978.
4. В. А. Андрущенко, Г. И. Баренблатт, Л. А. Чудов.— В кн.: Успехи механики деформируемых сред. М.: Наука, 1975.
5. Ю. П. Попов, А. А. Самарский. Разностные схемы газовой динамики. М.: Наука, 1975.
6. А. И. Державина. ПММ, 1976, 40, 1, 185.
7. Я. Б. Зельдович. Акуст. ж., 1956, 2, 1, 28.

О РАЗЛИЧИИ УДАРНОГО И ТЕРМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

В. Ф. Сазонов, А. С. Шмаков, В. К. Коробов, С. С. Бацанов
(Менделеево)

Широкое распространение ударных методов упрочнения металлов ставит естественный вопрос — каковы особенности этого приема по сравнению с обычной термической закалкой и каковы области его применения. Хотя общий механизм упрочнения под действием динамических нагрузок известен [1—3], строгого сопоставления механических свойств металлов, прошедших различные виды обработки, по нашему мнению, не проводилось.

В большинстве случаев о прочности металлов судили по измерениям твердости (см., например, [1]) или по определению усилия на разрыв на образцах, вырезанных из металлических стержней, подвергнутых ударной обработке. Поскольку измерение твердости дает неполную информацию, а обработка упрочненного металла на металлорежущем станке приводит к искажению его характеристик вследствие удаления поверхностного слоя и разогрева изделия, полученные результаты не отражают истинного положения дел.

Цель настоящего исследования — сравнительное изучение ударного и термического упрочнения сталей 30ХГСА, 50ХФА, 60С2. Исследуемые образцы готовили в виде, пригодном для испытания на разрывной машине, и после ударной или термической обработки никаким механическим операциям не подвергали. Для предотвращения возможного искривления или разрушения рабочую часть образца («шейку») заливали гошким слоем свинца (1,5 мм толщиной), который после ударного нагружения удаляли без всякого воздействия на изделие. Полученный таким образом гладкий цилиндрический образец подвергали ударному воздействию в цилиндрической ампуле сохранения. Термическую обработку проводили по стандартному режиму, рекомендуемому в соответствии с маркой стали. Результаты механических испытаний ударно- и термически-упроч-

Таблица 1

Результаты ударного (2) и термического (3) упрочнения стальных образцов

Марка стали	σ_B , кг/мм ²			δ , %			НВ		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
30ХГСА	68	96	110	20	11	10	192	212	332
60С2	65	103	130	20	14	5	166	196	430
50ХФА	72	100 117 149	137	17	15 14 11	10	277	286 302 325	418

Примечание. σ_B — предел прочности при растяжении, δ — относительное удлинение, НВ — твердость; 1 — данные для исходного образца.

Таблица 2

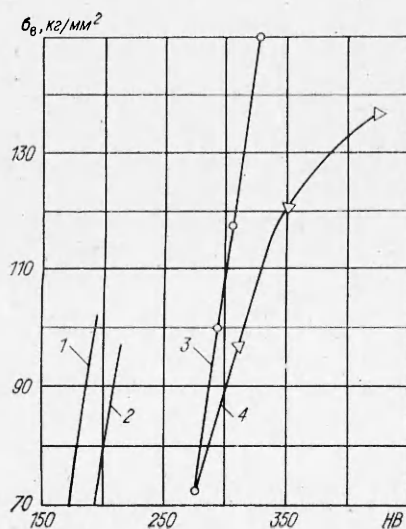
Обработка стали 50ХФА

Условия обработки		σ_B , кг/мм ²	δ , %	НВ
Термическая (закалка 850°C, масло)	Ударная и механическая			
—	$p = 90$ кбар	102	12	302
—	$p = 180$ кбар	130	11	325
Отпуск при 550°C на воздухе	—	121	16	351
Отпуск при 650°C в масле	—	97	20	311

ненных стальных образцов приведены в табл. 1; для стали 50ХФА механические характеристики идут в последовательности увеличения амплитуды импульса давления, т. е. при 45, 90 и 180 кбар.

Как видно из табл. 1, термическая обработка имеет преимущество перед ударным нагружением по максимальной прочности и твердости, но уступает по пластическим характеристикам. Для получения дополнительной информации изучались механические свойства стали 50ХФА, подвергнутой различной термической обработке, а также динамическому воздействию по обычно применяемой методике, т. е. по ударному упрочнению стержня и дальнейшему изготовлению из него образца для испытаний на разрывной машине (табл. 2).

Из табл. 1 и 2 видно, что обработка ударно-обжатого стержня на



станке при изготовлении из него образца для испытаний приводит к снижению прочности материала при сохранении его твердости. Следовательно, приводимые в литературе сведения по ударному упрочнению металлов нуждаются в уточнении.

Вариация условий термического упрочнения металла позволила сблизить значения твердости образцов, обработанных разными методами, и получить наглядную картину влияния твердости на предел прочности. Эти зависимости представлены на рисунке, где

Зависимость предела прочности при растяжении от твердости.

Ударная обработка сталей: 1 — 60С2, 2 — 30ХГСА
3 — 50ХФА; 4 — термическая обработка стали 50ХФА.

видно, что ударное и термическое упрочнения идут по разным законам. Интересно, что линейные зависимости предела прочности при растяжении от твердости имеют для всех изученных сталей одинаковые углы наклона, свидетельствующие об одинаковом механизме упрочнения ударными волнами. Физическая причина различия ударного и термического упрочнения металлов известна: ударные волны влияют главным образом на реальную структуру (дробление кристаллитов, разориентация блоков, дислокации, двойники), а термическая обработка изменяет атомную структуру (фазовый состав) металла.

Приведенные выше данные — результат многократно повторенных опытов. Для проверки общности полученного закономерного (одинакового) наклона кривых σ_v (HV) поставлены отдельные опыты для сталей марок ХВГ и 40Х13, которые дали такой же угол наклона, что и в исследованных ранее сталях.

Таким образом, зная исходные параметры твердости и прочности металла перед ударным воздействием, можно с достаточной точностью определить прочность после ударного упрочнения по измеренному значению твердости. Это может оказаться полезным при ударном упрочнении деталей, конструкция которых не позволяет изготовить образец для проведения прямых механических испытаний.

Поступила в редакцию 3/1 1985

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Дерibas. Физика упрочнения и сварки взрывом. Новосибирск: Наука, 1980.
2. Г. Н. Эпштейн. Стрoение металлов, деформированных взрывом. М.: Металлургия, 1980.
3. З. М. Гелунова, Д. П. Ченрасов. — В кн.: Металловедение и прочность материалов. Вып. 1. Волгоград, 1972.

ПРЕЖДЕВРЕМЕННОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ ВЗРЫВЧАТОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ В МАГНИТОКУМУЛЯТИВНЫХ ГЕНЕРАТОРАХ

*Р. З. Людаев, Л. Н. Пляшкевич, А. М. Шувалов
(Москва)*

Работа магнитокумулятивного генератора (МКГ) сводится к сжатию проводящего контура с предварительно введенными в него магнитным потоком проводниками, ускоренными при детонировании заряда ВВ. Под действием сил магнитного поля проводники в МКГ обычно передают давление на расположенное в непосредственной близости ВВ. Для нормальной работы генератора необходимо, чтобы каждый элемент заряда ВВ сохранял свою работоспособность в течение времени введения начального магнитного потока, а также в начальные моменты работы генератора до того, как этого элемента достигает фронт детонации, возбужденной системой иницирования. Однако при магнитном поле $\sim 20-30$ Тл давление $\approx 0,2-0,4$ ГПа, что может вызвать пластическую деформацию ВВ. При длительности порядка десятков микросекунд это воздействие может оказаться достаточным для развития в заряде ВВ начальных стадий взрывчатого превращения.

Такое явление имело место в опытах с дисковым МКГ [1], изображенным на рис. 1. Магнитная кумуляция здесь осуществляется боковыми стенками внутреннего проводника короткого коаксиала под действием расположенного внутри дискового заряда ВВ, иницируемого из центра. Момент иницирования синхронизован с конденсаторной батареей так, что контур генератора замыкается при максимуме начального тока. В опытах использовался заряд пластического ВВ на основе тэна [2].