

рования, с уменьшением отходов в виде тонкой стружки на 7–16 % их массы. Кроме того, обжатие литых заготовок обеспечило формирование в них мелкозернистую структуру с повышением их твердости с 90–95 до 110–150 НВ в зависимости от температуры прокатываемых заготовок.

Литература

1. Прокатка малопластичных металлов с многосторонним обжатием / Л. А. Барков [и др.]. – Челябинск: Metallургия, 1988. – 304 с.
2. Губкин, С. И. Теория обработки металлов давлением / С. И. Губкин. – М.: Metallургиздат, 1947. – 531 с.
3. Ложечников, Е. Б. Прокатка непрерывно-литых прутков латуни в четырехвалковом калибре / Е.Б. Ложечников, М. В. Кудин // Прогрессивные технологии обработки материалов давлением: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: Технопринт, 2004. – С.70 – 81.
4. Обработка непрерывно-литых прутков латуни прокаткой с многосторонним обжатием / Е.Б. Ложечников [и др.] // Материалы, технологии, инструменты. – 2005 – №1. – С. 81 – 83.

УДК 621.77.016

А.Н. ДАВИДОВИЧ, канд. техн. наук,
В.В. ИВАШКО, канд. техн. наук (ФТИ НАН Беларуси),
Л.М. ДАВИДОВИЧ, канд. техн. наук (БНТУ),
В.А. ДАВИДОВИЧ (ГКНТ Республики Беларусь)

УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ

Проведенными ранее исследованиями установлено, что лучшие импортные и стечественные рабочие детали сельскохозяйственной техники имеют дифференцированное распределение механических свойств и структуры по сечению изделия. Для наибольшей износостойкости при абразивном воздействии поверхность имеет наивысшую твердость, а для сопротивления ударным нагрузкам сердцевина

шую твердость, а для сопротивления ударным нагрузкам сердцевины изделия изготавливается более вязкой. Такое распределение свойств по сечению достигается различными методами – лазерной, плазменной, химико-термической обработками, индукционной наплавкой, намораживанием и др.

В работе приведены результаты попытки получить аналогичное распределение свойств по сечению детали, предварительно обработанной методом ВТМО на твердость 38-44 HRC и имеющей трооститную структуру. Задача осуществления пластической деформации заготовок с повышенной твердостью является весьма сложной и требует специальных приемов, но в то же время эффект упрочнения от такой обработки достаточно высок.

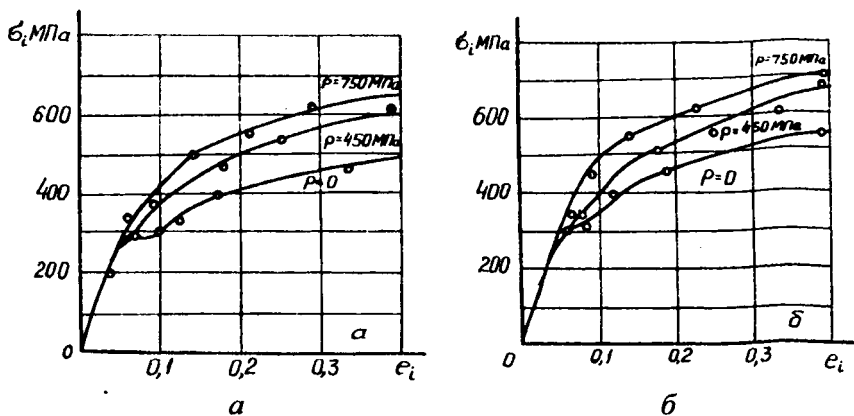
Для предотвращения разрушения заготовки с повышенной твердостью в очаге деформации создается гидростатическое давление, препятствующее образованию и развитию микротрещин разрушения в материале заготовки [1]. Кроме повышения пластичности металла и обеспечения возможности его деформирования, высокое гидростатическое давление способствует дополнительному упрочнению. Проведенные ранее исследования по испытаниям механических свойств под гидростатическим давлением подтверждают этот вывод [2]. Пластическое деформирование металлов с использованием высокого гидростатического давления в настоящее время применяется не только как эффективный способ формообразования, но и как средство достижения необходимого комплекса свойств материала, предназначенного для работы в заданных условиях. Из всего многообразия свойств огромное значение имеют механические свойства материала, изменение которых при деформировании с гидростатическим давлением приобретает некоторые отличительные особенности.

Для изучения влияния гидростатического давления на механические свойства металлов были проведены испытания на растяжение и сжатие как в атмосферных условиях, так и под постоянным гидростатическим давлением.

Кривые деформационного упрочнения исследованных материалов для трехосных схем напряженного состояния раскрывают общую закономерность изменения сопротивления деформации, которая заключается в том, что с увеличением гидростатического давления

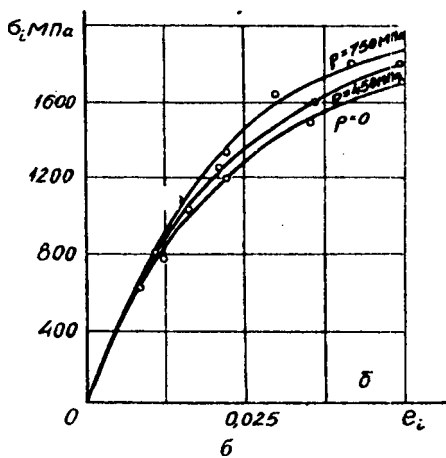
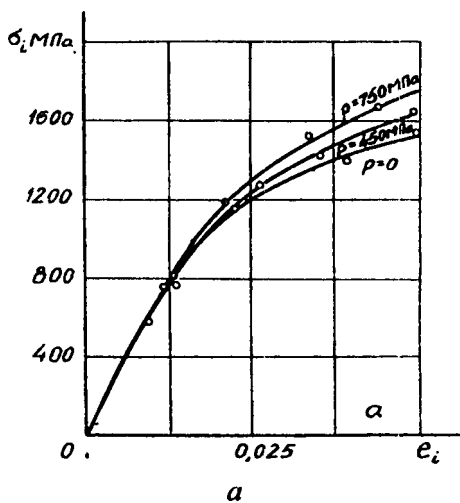
происходит возрастание сопротивления пластическому течению как при растяжении, так и при сжатии, вследствие чего графики смещаются вверх относительно оси абсцисс (явление бароупрочнения).

На рисунках 1–3 представлены кривые деформационного упрочнения стали 20, стали Х12М и У10, полученные при растяжении и сжатии.



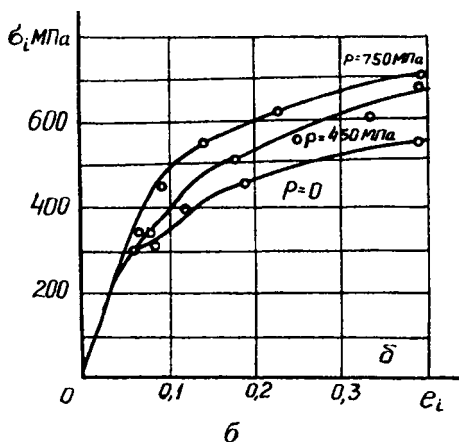
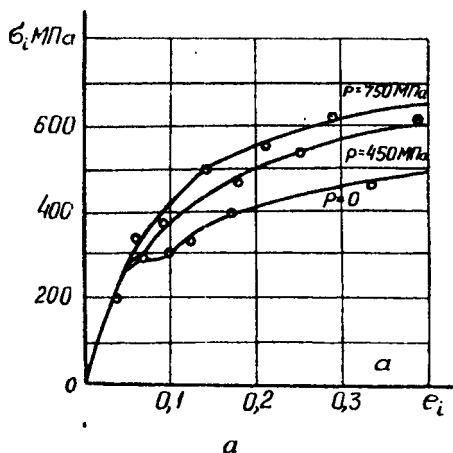
а – растяжение; б – сжатие

Рисунок 1 – Кривые деформационного упрочнения стали 20 при различных давлениях



a – растяжение; b – сжатие

Рисунок 2 – Кривые деформационного упрочнения стали X12M при различных давлениях



a – растяжение; *б* – сжатие

Рисунок 3 – Кривые деформационного упрочнения стали У10 при различных давлениях

Анализируя изменение кривых деформационного упрочнения $\sigma_i = f(\epsilon_i)$ у металлов с ОЦК – решеткой (рис. 1-3), можно отметить, что для данной группы материалов в первом приближении интенсивность напряжения возрастает пропорционально увеличению гидростатического давления, причем стали с повышенным со-

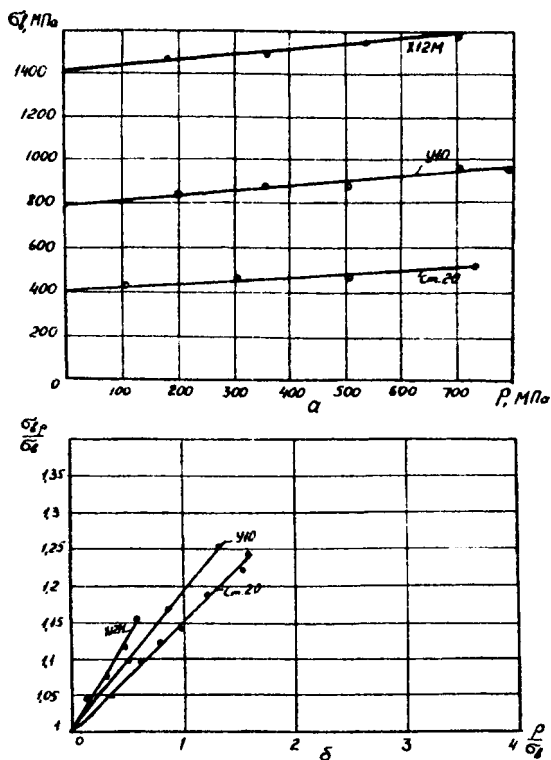
держанием углерода X12M, У10 (рис. 2, 3) упрочняются сильнее, чем низкоуглеродистая сталь 20 (рис. 1).

Характерной особенностью течения углеродистых сталей 20 и У10 в условиях гидростатического давления является постепенное сглаживание и исчезновение резкого предела текучести при возрастании давления. Например, у стали У10 он пропадает при давлении 700–750 МПа (рис. 3). Исчезновение предела текучести углеродистых сталей связано с субструктурными и диффузионными изменениями, сопровождающими пластическую деформацию металла. Области текучести в материале при приложении внешних сил зарождаются в местах с высокой концентрацией напряжений, таких как границы кристаллов, несовершенства кристаллической решетки, области с наличием включений и т.д. Гидростатическое давление способно вызвать локальную пластическую деформацию в этих местах вследствие различия сжимаемости матрицы и включений, анигиляции пор, ориентации плоскостей сдвига и других факторов. Эта микропластическая деформация сопровождается генерированием новых дислокаций в объеме металла, для продвижения которых необходимо напряжение меньшее, чем напряжение отрыва дислокаций, заблокированных атмосферами примесных атомов. Таким образом, под давлением материал способен пластически деформироваться при напряжениях, меньших верхнего предела текучести, вследствие чего на индикаторной диаграмме деформации отсутствует площадка или зуб текучести [3].

Изложенные выше экспериментальные результаты по исследованию деформационного упрочнения с наложением гидростатического давления выявили вполне определенную закономерность влияния гидростатического давления на упрочнение. Последняя проявляется прежде всего в возрастании сопротивления деформированию с ростом гидростатического давления. Полученные нами данные позволяют в первом приближении установить общую закономерность этого влияния путем введения понятия коэффициента бароупрочнения и определения его величины для каждой группы материалов путем использования данных вполне определенных комплексных испытаний.

Общей закономерностью для всех исследованных материалов является близкая к линейной зависимость предела прочности от давления (рис. 4, а). При этом сталь 20 имеет незначительное по-

вышение σ_b под давлением, у остальных материалов, особенно у стали X12M, предел прочности возрастает интенсивнее, в результате чего наклон графиков $\sigma_b = f(P)$ у этих материалов относительно оси абсцисс более крутой.



a – абсолютные значения; b – относительные значения

Рисунок 4 – Влияние давления на предел прочности металлов

Чтобы оценить влияние давления на предел прочности, которое, в общем случае, впоследствии можно было бы использовать для определения энергосиловых параметров любого процесса обработки металлов давлением, удобнее рассматривать величину давления, отнесенную к показателю этой характеристики металла. Зави-

симось приращения предела прочности $\sigma_{вр}$ от соотношения давления и предела прочности в атмосферных условиях ($\sigma_в$) представлена на рисунке 4, б. Как видно из графиков, приращение относительно предела прочности $\sigma_{вр}/\sigma_в$ в значительной степени определяется природой материала и его исходным состоянием.

Таким образом, гидростатическое давление приводит к дополнительному деформационному упрочнению (бароупрочнению) и является фактором, способствующим повышению механических свойств металла, прежде всего, в процессах деформирования. Для учета влияния этого фактора целесообразно использовать показатель бароупрочнения материала. Эксперименты по растяжению материалов показали, что в первом приближении зависимость $\sigma_{вр}/\sigma_в = f(P/\sigma_в)$ носит линейный характер, а кривые упрочнения с повышением давления эквидистантно смещаются в направлении оси σ_i . Таким образом, показатель бароупрочнения для каждого материала в исследуемом интервале давлений является постоянной величиной, то есть в данном случае следует говорить о коэффициенте бароупрочнения, который определяется по изменению предела прочности под давлением.

$$K = \frac{\sigma_{вр} - \sigma_в}{\sigma_в}.$$

По данным графиков, представленных на рисунке 4, рассчитаны значения коэффициентов бароупрочнения для исследованных материалов: сталь 20 – 0,15; У10 – 0,19; Х12М – 0,22.

Если использовать линейную закономерность изменения сопротивления деформации, то выражение интенсивности напряжения запишется следующим образом

$$\sigma_{ip} = \sigma_i + KP,$$

где σ_i – интенсивность напряжения течения при растяжении в атмосферных условиях; K – коэффициент бароупрочнения; P – гидростатическое давление.

Проведенные исследования по деформационному бароупрочнению долота плуга фирмы «IBIS» полностью подтвердили пред-

ложение о дополнительном упрочнении металла, в данном случае стали 65Г, под действием деформации и высокого гидростатического давления. При обычном внедрении индентора в поверхность заготовки с исходной твердостью 38-42 HRC со степенью деформации $\epsilon = 18-20\%$ наблюдалось локальное повышение твердости до значений 46-48 HRC. Дальнейшее повышение степени деформации приводило к возникновению микротрещин у очага деформации.

В случае создания высокого квазигидростатического давления вокруг него, при значениях ($\epsilon = 25-30\%$) было достигнуто повышение твердости до 54-56 HRC без нарушения сплошности металла с сохранением твердости сердцевины 38-44 HRC.

Таким образом, метод деформационного бароупрочнения зарекомендовал себя как действенное средство получения изделий с градиентным распределением свойств по их сечению в соответствии с требуемыми эксплуатационными характеристиками. На поверхности изделий в данных условиях существует возможность получать высокопрочный слой металла без каких-либо дополнительных обработок с нанесением упрочняющих материалов, что важно для промышленного применения этой технологии.

Метод создания гидростатического давления и специального рельефа при финишной обработке рабочих органов сельскохозяйственной техники является предметом «ноу-хау» и в данной статье не рассматривается для сохранения приоритета интеллектуальной собственности авторов.

Дальнейшими задачами исследований и практического их применения является разработка деформационного бароупрочнения на криволинейных поверхностях и при давлениях, близких к пределу прочности деформируемых материалов с целью достижения максимальной твердости.

Литература

1. Бриджмен, П. Исследование больших пластических деформаций и разрыва / П. Бриджмен. – М.: Изд-во иностр. лит., 1955. – 444 с.
2. Особенности деформационного упрочнения некоторых металлов под гидростатическим давлением / А. Н. Давидович // Рес-

публиканский межведомственный сборник. Физика и техника высоких давлений.— Киев: Наукова думка. — 1981. — Вып. 5. — С. 54–57.

3. Калачев, М. И. О механизме воздействия дефектов кристаллической решетки при пластической деформации металлов / М. И. Калачев // Известия АН БССР, сер. физ.-техн. наук. — 1976. — № 4. — С. 19–22.

УДК 631.7/9.016

Л.А. ИСАЕВИЧ, д-р техн. наук,
В.А. КОРОЛЬ, д-р техн. наук,
Д.М. ИВАНИЦКИЙ, канд. техн. наук (БНТУ)

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ РЕЖУЩИХ ГРАНЕЙ НОЖЕЙ РОТАЦИОННЫХ КОСИЛОК

Режущие ножи являются основным элементом зерно- и кормоуборочной техники, обеспечивающим качественные зерно- и кормозаготовительные работы. Поскольку они являются самыми быстроизнашиваемыми деталями, влияющими на надежность работы зерно- и кормоуборочной техники, обеспечение косилок режущими аппаратами высокого качества является одной из актуальных народнохозяйственных проблем.

В последнее время на смену косилок с режущим аппаратом подпорного резания, основным элементом которого являются сегментные ножи, совершающие возвратно-поступательное движение, приходят ротационные косилки, основанные на принципе бесподпорного резания, в которых режущие элементы не осуществляют возвратно-поступательного движения. Ножи таких аппаратов совершают вращательное движение вместе с диском или барабаном. Это дает возможность значительно повысить рабочие скорости косилок и жаток, что обеспечивает повышение производительности труда при сельскохозяйственных работах по уборке зерна и заготовке кормов в республике, что особенно важно при непредсказуемых погодных условиях.