На правах рукописи
УДК 621.73.073

Черкасова Изабелла Николаевна

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЛАСТИЧЕСКОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ ЛЕЗВИЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ОСНАСТКИ

Специальность 05.03.05 –Технологии и машины обработки давлением

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва, 2003 г.

Работа выполнена в МГТУ им. Н.Э.Баумана

Научный руководитель: Заслуженный деятель науки и техники, доктор технических наук, профессор Овчинников А.Г.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Семенов И.Е.

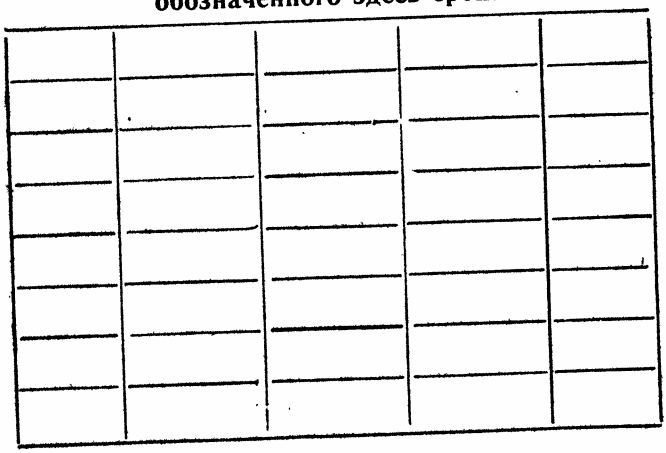
кандидат технических наук, доцент Константинов В.Ф.

1618031
Черкасова И.Н.
Разработка рациональных технологических процессов пластическог...
0-00
2003

Ведущее предприятие [illegible] ПИТАвтопром

1618031

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока



1618031

[illegible]ка.

[illegible]ценов

321

Общая характеристика работы

Актуальность. Потребность сельского хозяйства страны в почвообрабатывающих орудиях исчисляется миллионами штук в год. Решение вопросов стойкости инструмента при изготовлении на них лезвий, а также износостойкости самих изделий позволит не только сделать производство эффективным, рентабельным, но и повысить качество и конкурентоспособность выпускаемой техники.

В работе представлены результаты аналитических и экспериментальных исследований, позволяющие повысить точность расчетов, снизить нагрузки при проведении пластической деформации лезвий, выявить рациональные режимы процесса формообразования лезвий, повысить стойкость инструмента при их изготовлении, а также износостойкость изделий.

Цель работы: повышение стойкости технологической оснастки при пластическом формообразовании лезвий и износостойкости почвообрабатывающих орудий с лезвиями.

Для достижения цели в работе поставлены следующие задачи:

1. Разработать математическую модель силового режима пластического формообразования клина с учетом трансформации очага деформации и кинематики течения.
2. Установить влияние схемы напряженного состояния на характер деформирования и силовые параметры при пластическом формообразовании лезвий.
3. Установить влияние смазывания на кинематику течения и силовой режим при формообразовании лезвий.
4. Осуществить оценку влияния геометрических параметров лезвия на силовой режим при его штамповке.
5. Разработать термодинамический режим процесса изготовления лезвий.
6. Разработать технологические процессы изготовления лезвий, соответствующие рациональным схемам напряженного состояния и новым термодинамическим параметрам.

Научная новизна работы:

а) Разработана методика определения силовых параметров при формообразовании лезвий с широким диапазоном углов с учетом трансформации очага пластической деформации и кинематики течения. Предложенный подход позволил уточнить на 12 - 40% ранее известные зависимости для определения силового режима и расширить диапазон изучаемых задач.

б) Экспериментально-аналитическим путем доказана возможность снижения удельных сил деформирования при создании в очаге пластической

им. г. 1
Бібл.

деформации разноименной схемы напряженного состояния. Теоретическое исследование показало, что выигрыш в силе составляет 14-20%, а экспериментально- 30-35%.

в) Экспериментально выявлен эффект трансформации очага деформации, позволяющий объяснить снижение удельных сил деформирования при наложении растягивающих сил. Это явление позволит управлять кинематикой течения не только при осадке клиновидных тел, но и во многих процессах ОМД.

г) Построено уравнение регрессии для осадки клиновидных тел, позволившее выявить рациональные термодинамические режимы и прогнозировать стойкость штамповой оснастки.

д) Экспериментально доказано, что осадка клиновидных тел с фаской позволяет снизить удельную силу деформирования в 2,5-3 раза, увеличить длину лезвия на треть, а режущую кромку довести до величины h=0,2÷0,5мм.

е) Экспериментально доказано, что в присутствии смазочных материалов положение нейтральной линии смещается в сторону уширения клина, что приводит к возникновению дополнительной выталкивающей силы, снижению общей силы деформирования. Наличие смазочных материалов позволяет снизить удельные силы деформирования на 15-20%, а при приложении дополнительных растягивающих сил к заготовке – до 50%.

ж) Разработаны новые технологические процессы, позволяющие снизить удельные силы деформирования при формообразовании лезвий, повысить стойкость оснастки, а также повысить износостойкость изделий.

Новизна процессов, разработанных на основе полученных экспериментальных и аналитических данных, подтверждена 4 авторскими свидетельствами.

На защиту вынесены следующие положения:

- математическая модель определения силовых параметров при формообразовании лезвий;
- результаты теоретического и экспериментального исследований влияния разноименной схемы напряженного состояния в очаге деформации на силовой режим формообразования лезвий; выявленные ограничения для растягивающих сил;
- результаты теоретического и экспериментального изучения трансформации очага деформации и кинематики течения, использованные при разработке математической модели;
- результаты многофакторного эксперимента по оптимизации термодинамического режима при формообразовании лезвий; формула регрессии для оценки параметра оптимизации - удельной деформирующей силы, позволяющая проводить анализ реального процесса и выбирать его рациональные параметры;

- результаты эксперимента по определению влияния конфигурации лезвия на силовой режим процесса. Штамповка малых углов (меньше 10°), проведенная с передней фаской, позволяет в 2,5-3 раза снизить удельные деформирующие силы;
- результаты исследования влияния смазывания на силовой режим и кинематику течения, позволяющие снизить удельные деформирующие силы на 15-20%;
- разработанные технологии изготовления лезвий на штампах и в вальцах, обеспечивающие увеличение стойкости оснастки;
- результаты промышленного внедрения изготовления лезвий культиваторных лап С-5.23 и С-1.7, позволившие пятикратно повысить стойкость штамповой оснастки и на треть - износостойкость изделий.

Методы исследования. Теоретическое определение силовых параметров процесса осадки клиновидных тел и осадки клина с приложением растягивающей силы выполнено комбинированием «инженерного» метода с методом линий скольжения, с учетом предварительных экспериментальных данных по визуальному наблюдению за кинематикой течения и результатов изучения трансформации очага деформации.

Изучение трансформации очага деформации проводилось на свинцовых и алюминиевых образцах, выполненных с учетом метода моделирования с нанесением координатных сеток, а также по макроволокну.

Решение задачи применимости схемы осадки с приложением растягивающей силы по условию «невыскальзывания» и по условию «соблюдения устойчивости» выполнены графическим путем.

Изучение влияния смазывания на положение нейтральной линии изучалось с помощью нанесения рисок на поверхность деформируемых заготовок из свинца и алюминия и замера их положения до и после деформации.

Анализ по выявлению рационального силового и термического режимов осадки клиновидных тел проводился по результатам многофакторного эксперимента.

Определение силового режима осадки клиновидных тел с приложением растягивающей силы и без нее, а также с наличием фаски осуществлялось на специально сконструированном штампе с системой принудительного растяжения, легко переналаживаемом для различных условий. Осадка проводилась в условиях плоской деформации.

Практическая ценность.

Данная работа позволяет увязать в единую технологическую цепь ряд факторов, от которых зависит эффективность производства. Возможность управления ими и прогнозирования качества позволяет увеличить конкурентоспособность изделий уже на стадии разработки технологического процесса. Многофакторное планирование позволило не только сократить

эксперимент и математически обработать результаты, но и объединить все важные факторы в одну зависимость и указать на значимость эффекта взаимодействия этих факторов. Проведенный анализ позволил выбрать рациональные оборудование и термодинамические режимы процесса.

Прогнозирование стойкости инструмента, основанное на выведенной зависимости для определения силовых параметров осадки клина, регрессионного анализа, охватывающего влияние ряда значимых факторов, а также усталостных кривых дает ценный практический материал для разработчика технологии. Разработанные техпроцессы позволяют снизить удельные силы деформирования в 2-3 раза, а рационально выбранный термодинамический режим - увеличить стойкость штамповой оснастки в 4-8 раз.

Лезвия с удлиненной режущей частью, образуемые при осадке клина с фаской, позволяют увеличить срок службы таких изделий на треть и сократить программу выпуска, позволяя экономить металл. Высокая стойкость штампов при этом решает проблемы рентабельности производства, а увеличение износостойкости изделий позволяет создавать конкурентоспособную продукцию.

Реализация результатов работы. Разработанная технология изготовления лезвий с фаской была внедрена на заводе «Красный Аксай» (г. Ростов-на-Дону). Технологии изготовления лезвий с комбинированным нагружением, в том числе с дополнительно приложенной растягивающей силой, были опробованы в лабораторных условиях НИИТракторосельхозмаш по линии научно-поисковых работ с выдачей рекомендаций по внедрению их в производство.

Апробация работы. Результаты работы были доложены на Всесоюзной научно практической конференции по прогрессивным технологиям в сельхозмашиностроении (Москва, ВДНХ, 1985).

Публикации. По теме диссертации опубликованы 3 статьи, тезисы к докладу, получены 4 авторских свидетельства на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных результатов и выводов, списка литературы в количестве 73 наименований и содержит 162 страницы текста, 74 рисунка, 4 таблицы.

Краткое содержание диссертации

Во введении обоснована актуальность темы, определена цель и поставлены основные задачи диссертационной работы, дана краткая характеристика работы, включающая научную новизну, практическую ценность, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен обзор основных теоретических методов исследования напряженно-деформированного состояния. Основным показателем применимости теории является ее достоверность. Оценка по деформирующей силе, наиболее близко отражающей суть физического явления, является наиболее близким критерием, удовлетворяющим вышесказанному требованию. Рассмотрены преимущества и недостатки верхней и нижней оценки деформирующей силы; отмечены допущения, связанные с установлением соотношения между нормальными и касательными напряжениями на контактных поверхностях и выбора закона распределения касательных напряжений по сечению; отмечено их некоторое несоответствие экспериментальным данным. Сделано заключение о том, что действительная величина деформирующей силы совпадает с нижней оценкой, если непрерывное поле линий скольжения является одновременно статически и кинематически возможным. Отмечены высказывания Унксова Е.П., Сторожева М.В. и Попова Е.А., что эти оценки не исключают друг друга и целесообразно их совместное использование.

Дан обзор экспериментальных методов исследования. Представлены, в том числе, метод координатных сеток и макроанализ по Охрименко Я.М. Выявлено сходство полей линий скольжения с картиной трансформации очага деформации, а также различия, проявляющиеся в том, что метод линий скольжения не отражает зоны интенсивного течения по центру и в периферии, в «особых» точках.

Проанализировано состояние теории, касающейся вопроса осадки клиновидных тел. В основном известны работы Е.П. Унксова, Л.А. Шофмана, В.В. Соколовского, А.Д. Томленова, Р. Хилла, А. Надаи, Е.М. Макушка. Работы отличаются разным обоснованием выбранных законов распределения касательных напряжений на контактной поверхности, что обусловлено малой изученностью этого вопроса. Окончательные решения соответствуют либо относительно коротким, либо относительно длинным изделиям, с упрощенным законом трения на контактной поверхности. Данный вопрос был широко изучен экспериментально и теоретически («инженерным методом») Е.П.Унксовым. Им рассмотрено напряженное состояние в клине при наличии на контактной поверхности всех зон – скольжения, торможения, застоя. Но выведенные зависимости, сводящиеся к максимальному трению, пригодны только для малых углов ($\alpha \leq \operatorname{arctg} 0{,}1$).

Анализ технической литературы свидетельствует, что в настоящее время отсутствуют рекомендации и научно обоснованные методы расчета деформирующих сил при формоизменении лезвий с широким диапазоном углов. Термодинамический режим при изготовлении лезвий не изучен. Выбор оборудования для этих техпроцессов основан на интуитивном подходе. Практика внедрения первых способов изготовления лезвий свидетельствует о низкой стойкости штамповой оснастки. Работа инструмента в зоне

малоцикловой усталости, сопровождаемая смятием рабочих поверхностей, удельными силами деформирования, превышающими значения p=1200МПа и схемой всестороннего сжатия, является основным критерием выхода из строя.

Во второй главе проведены теоретические исследования трансформации очага деформации при осадке клиновидных тел. Полученные результаты позволяют обоснованно выбирать распределение контактных касательных напряжений.

С учетом трансформации очага деформации, а также предварительных экспериментов по макроанализу, позволивших выявить зоны интенсивной деформации, проведено теоретическое исследование силовых параметров при осадке клиновидных тел комбинированием «инженерного» метода с методом линий скольжения. Такой подход позволил одновременно удовлетворить статическим и кинематическим условиям, и получить корректное решение задачи. Формула для нейтральной линии имеет следующий вид:

$$h_{н} = 0{,}85 \cdot 0{,}2^{(1{,}4-2\mu)\cdot\alpha/2} \cdot \sqrt{hH} \ . \qquad (1)$$

Из полученной формулы видно, что на величину нейтральной линии влияют не только значения величин конечной кромки h и исходной толщины заготовки H, но и угол клина α, и контактное трение, выраженное через коэффициент трения μ. Относительная удельная сила деформирования определяется из следующего выражения:

$$q = \frac{p}{2k} = \frac{1}{\alpha/2} \cdot \frac{H+h-2h_{н}}{2H} + R \ , \qquad (2)$$

где R изменяется от 0 до 0,5 в зависимости от формуемого угла клина. Построенные по выведенным формулам эпюры распределения напряжений по контактной поверхности, а также графические зависимости относительных удельных сил деформирования позволяют учитывать разнообразную конфигурацию лезвий при широком диапазоне варьирования угла клина α, различных соотношениях H/h, а также условиях трения (μ), которые в известных работах были представлены ограниченно.

Предложенные уточнения методики расчета силовых параметров состоят из трех дополнительных этапов: 1) обоснованного выбора очага деформации и зон контактного трения, соответствующих конечной стадии формообразования (по графикам трансформации очага и расположению нейтральной линии); 2) составления рациональной расчетной схемы, учитывающей «жесткие» зоны и зоны интенсивного течения; 3) согласно кинематическим особенностям (в сечении) и выбранным законам трения на контактной поверхности для каждой из зон составляются условия пластичности.

Предложенный подход позволил уточнить известные зависимости Е.П. Унксова на 40-60% и А.Д Томленова на 12-20% для малых углов (при $H/h < 5$) и расширить диапазон изучаемых углов до 25°.

Аналитически исследовано влияние схемы напряженного состояния на силовой режим осадки клина. Выявлено снижение удельных сил деформирования на 15-20% при разноименной схеме напряженного состояния, что является большим резервом для повышения стойкости оснастки (рис.1а). Для разных углов определены предельные значения растягивающих напряжений: для малых углов $\alpha \leq 10° - \sigma_Q \leq (0{,}8 \div 0{,}9)\sigma_s$, при $\alpha = 15° - \sigma_Q = 0{,}7\sigma_s$, а для $\alpha = 20° - \sigma_Q < 0{,}6\sigma_s$.

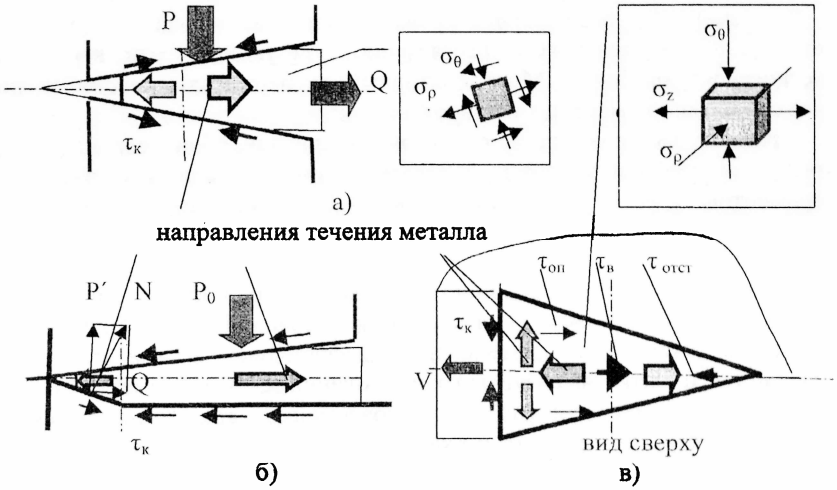


Рисунок 1

Установлено, что наибольший эффект осадка с растяжением имеет при малых углах клина, т.е. при $\alpha \leq 10°$.

Рассмотрены варианты комбинированного нагружения, приводящие к снижению удельных сил деформирования – осадка клина с передней фаской и вальцовка клина в валках (рис.1б, в). Благодаря скосу, образующему фаску, создается противодействующая сила P′, снижающая деформирующую силу P_0 (рис.1б). При вальцовке, благодаря тянущей силе валков и локальному очагу деформации, создается объемное разноименное напряженное состояние, также снижающее удельные силы деформирования (рис.1в).

В третьей главе представлена методика проведения экспериментов. В соответствии с поставленной целью необходимо было решить перечисленные ниже задачи:

1. Изучить кинематические особенности при формообразовании клина. Экспериментально подтвердить достоверность выбранной рабочей гипотезы.
2. Исследовать силовой режим при осадке клина для широкого диапазона углов и различных степеней деформации.
3. Экспериментально подтвердить влияние разноименной схемы напряженного состояния на силовой режим осадки клина.
4. Провести многофакторный эксперимент по выявлению рационального термодинамического режима осадки клина.
5. Изучить влияние конфигурации лезвия на силовой режим.
6. Изучить влияние смазывания на силовой режим и на кинематику течения.
7. С учетом экспериментальных исследований разработать техпроцессы и провести их модельные испытания.

Для замера сил была спроектирована экспериментальная установка с системой принудительного растяжения. Результаты подвергались статистической обработке. Многофакторный эксперимент проводился по заранее составленной матрице планирования эксперимента.

В разделе дается описание образцов, материалов, оборудования, схем, тарировочные графики месдозы , а также приводится порядок проведения экспериментов.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований.

Исследование деформированного состояния при осадке клиновидных тел позволило сделать вывод об адекватности выбранной рабочей гипотезы. Принятые в учет зоны интенсивной деформации в аналитических исследованиях и взятые из визуальных наблюдений за трансформацией очага деформации позволили при расчетах удовлетворять как кинематическим условиям течения, так и статическим условиям деформации, повысить точность и расширить диапазон применения «инженерного» метода.

Исследование влияния смазывания при осадке клина показало, что оно влияет на смещение нейтральной линии, при котором возрастает роль выталкивающих сил и снижается суммарная сила деформирования. Наличие смазывающих материалов на рабочих поверхностях инструмента позволяет увеличивать технологические возможности процесса, создавая благоприятные возможности для затекания металла в сужающееся клиновое пространство, благодаря чему образуются новые участки на контактной поверхности и увеличивается степень обжатия.

При экспериментальном изучении трансформации очага деформации при осадке без смазывания выявлено, что контактная поверхность формируется вследствие интенсивной центральной зоны, а при осадке со

смазыванием - наоборот, контактная поверхность в основном образуется вследствие трансформации боковой поверхности и в меньшей степени центральной зоны.

Выявлено, что механизм трансформации очага деформации при осадке клина подобен обычной осадке. Степень деформации представляется правильно определять по изменению нейтральной линии. Сравнение результатов эксперимента и аналитических исследований силовых параметров при осадке клина показало, что зависимость относительной удельной деформирующей силы от относительной толщины H/h имеют наибольшую сходимость для степеней деформации, соответствующих значению нейтральной линии. Подтверждено, что выведенные аналитическим путем зависимости для определения деформирующих сил имеют пригодность для всего спектра деформируемых углов, т.е. для $\alpha \leq 25°$ (на рис.2).

Для оценки сходимости результатов эксперимента и аналитических исследований использовались известные статистические методы обработки данных с надежностью (доверительной вероятностью) до 0,95 (для тарировочного графика большой месдозы – метод натянутой нити).

Проведенные замеры сил подтвердили, что дополнительно прикладываемые растягивающие силы, направленные в сторону уширения клина, дают выигрыш в силе, который составляет 30-35% (рис. 3).

Установлено, что смазывание позволяет увеличивать эффект от приложения дополнительной растягивающей силы. При этом снижение деформирующей силы достигает почти 50% .

Замеры сил позволили сделать вывод, что наибольший выигрыш при дополнительно приложенных растягивающих силах достигается для небольших углов клина (до 10°). При углах свыше 20° существует опасность выскальзывания лезвия из рабочей зоны штампа, поэтому их рекомендуется штамповать с подпором.

При переходе от схемы всестороннего сжатия к разноименному напряженному состоянию очаг деформации трансформируется из симметричного в несимметричный, что позволяет добиваться более благоприятного относительного расположения центральных «жестких» зон и меньших энергетических затрат.

Экспериментально установлено, что напряженным состоянием в очаге деформации можно управлять путем изменения конфигурации лезвия. Замеры сил на чеканочном прессе при формообразовании лезвий под наплавку (со ступенькой) при температурном интервале 850°-950°С позволили сделать вывод, что изготовление лезвий с малыми углами α (α=6°-10°) и кромкой лезвия меньше h=1,8-2,0мм необходимо осуществлять со скосом в 15°, т.к. удельные силы деформирования превышают значения p=600-700МПа (рис.4) и приводят к резкому снижению стойкости оснастки. Такой подход позволяет заменить операцию заточки лезвия, снизить удельные деформирующие силы

до p=400-500МПа, что в 2,5-3 раза ниже по сравнению с обычными (без фаски) лезвиями, а также увеличить степень обжатия кромки h и длину лезвия на 1/3, что дает существенное увеличение долговечности таких изделий.

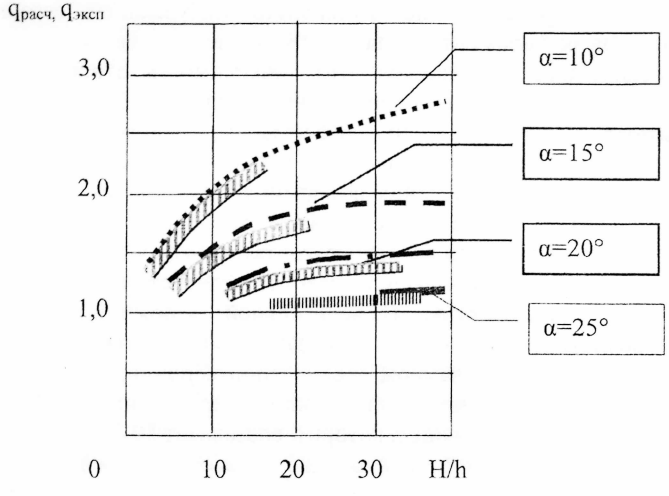


Рисунок 2

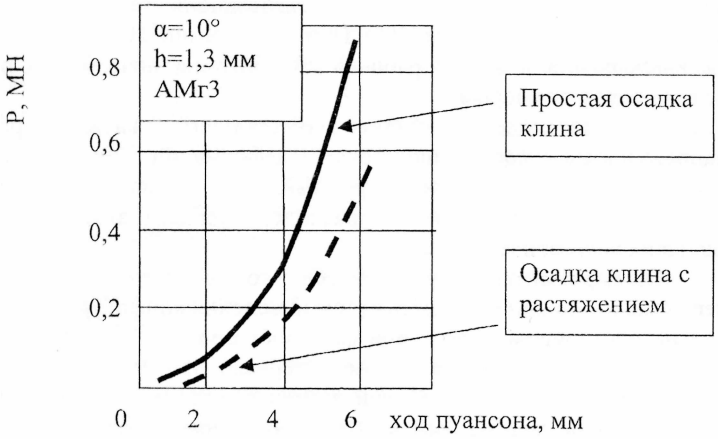


Рисунок 3

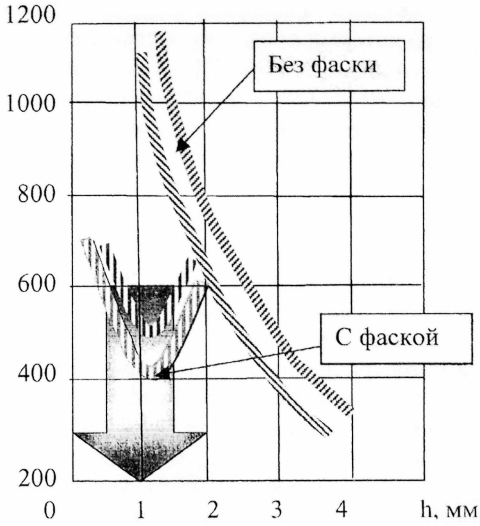


Рисунок 4

Экспериментально установлено, что при формообразовании лезвий с фаской необходимо соблюдать правило выставления заготовки, заключающееся в том, что кромку заготовки надо располагать на скосе; расстояние от линии пересечения скоса с рабочей поверхностью, оформляющей лезвия, должно быть равно (0,3÷0,5)S, где S- ширина скоса.

Экспериментально опробована штамповка лезвий с порошками под наплавку, предварительно нанесенными в холодном состоянии на поверхность заготовки и нагреваемыми совместно, с целью увеличения производительности труда и повышения качества лезвий. Установлено, что на силовом режиме такое сочетание отрицательно не сказывается, а металлографические исследования показали свариваемость частичек порошка с основным металлом. Такой подход позволит в дальнейшем исключить непроизводительную операцию наплавки.

Многофакторный эксперимент позволил получить адекватную математическую модель реального силового режима при осадке клиновидных тел. Формула регрессии имеет следующий вид:

$$\hat{Y}=464-77x_1+226x_2-7x_3-18x_4-21x_1x_3-67{,}5x_1x_4\,. \qquad (3)$$

Параметр оптимизации - удельная деформирующая сила (в МПа). Исследовалось влияние четырех факторов, область определения (условия проведения эксперимента) которых сводилась к следующим величинам: X_1 - исходная температура заготовки - 850°÷950°С; X_2 - величина кромки лезвия - h=2÷4мм; X_3 - угол клина - α=10°÷15°; X_4 - средняя скорость деформирования - 0,0125÷0,225м/с, соответствующая чеканочному и ковочному (КГШП) прессам. Эксперимент проводился без учета смазывания. Материал заготовки: сталь 65Г. Габариты образцов: 32х60х6мм. Эксперименты дублировались.

Анализ формулы (3), сводящийся к поиску наименьших удельных сил деформирования, позволил сделать обоснованный вывод, что для изготовления лезвий рациональным видом оборудования является ковочное (КГШП, вальцы), имеющее высокие скорости деформирования, а также минимальное время контакта с заготовкой. Так, сила деформирования для лезвий с одинаковыми геометрическими параметрами на чеканочном прессе в среднем в 1,5 раза выше по сравнению с силой деформирования на ковочном прессе (КГШП) из-за того, что скорость в нижней точке в 20 раз меньше и время контакта, соответственно, больше. Скоростное упрочнение и увеличение рабочих деформирующих сил, которое возможно при высоких скоростях деформирования, на результатах эксперимента не отразилось.

Анализ показал преимущество таких экспериментов перед существующими графическими зависимостями, не позволяющими учитывать эффекты взаимодействия. Так, наибольшего эффекта можно добиться при взаимодействии температурного фактора (X_1) с фактором скорости деформирования (X_4). Существенно влияют на силовой режим деформирования также взаимодействие температуры (X_1) с углом наклона клина (X_3). Из формулы регрессии также сделан вывод, что при больших углах лезвия ($\alpha \geq 15°$) с увеличением степени обжатия температура незначительно влияет на силу деформирования, и, наоборот, при малых углах ($\alpha \leq 10°$) температура сказывается существенно, т.к. увеличивается заметно площадь контакта с инструментом, что приводит к быстрому отводу тепла из очага деформации. По результатам регрессионного анализа (с учетом эффектов взаимодействия) предложены наиболее рациональные режимы формообразования лезвий и кузнечно-штамповочное оборудование : температура деформирования - не ниже 950°С, ковочное оборудование - КГШП, вальцы, минимальная передняя кромка лезвия - не меньше h=2мм (без фаски) и h=0,2÷0,5мм (с фаской).

На основании производственных данных о стойкости инструмента и известных кривых усталостной прочности для инструментальных сталей построена графическая зависимость стойкости инструмента N от удельных сил деформирования p (рис.5). Построенная для температурного интервала 800°-900°С и линеаризованная (на коротком участке) зависимость позволяет

совместно с формулой регрессии прогнозировать стойкость штампов на стадии разработки технологического процесса.

Результаты экспериментов были реализованы при разработке следующих техпроцессов изготовления лезвий: 1) для стрельчатых лап С-5.23 и односторонних С-1.7 (бритвы), где штамповка лезвий с профилем под наплавку (α=6°) производилась совместно с образованием фаски (на чеканочном прессе); 2) для стрельчатых лап 5.13 (α=20°), где путем

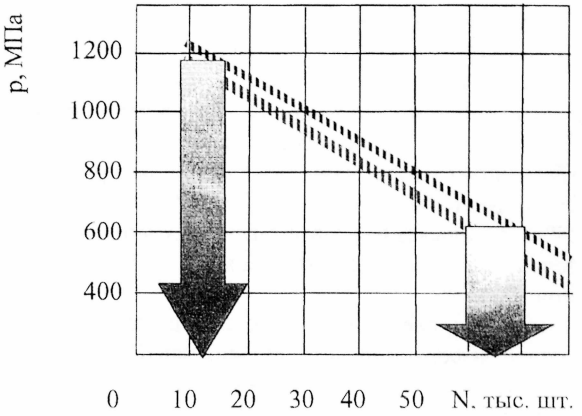


Рисунок 5

совмещения формообразования (оттяжки) сразу двух лезвий с гибкой в штампе опробована схема осадки с растяжением (на ковочном прессе); 3) для лап 5.13 (α=20°) и лемехов-плоскорезов КША 07.030-СБ (α=13°), где формообразование лезвий производилась на ковочных вальцах (номинальным усилием P= 0,4МН) с разноименной схемой напряженного состояния.

В пятой главе представлены результаты промышленного внедрения на заводе «Красный Аксай» (г. Ростов-на-Дону).

Предложенный способ изготовления, заключающийся в совместном формообразовании лезвий с фаской и удлиненной частью под наплавку, позволяет существенно повысить стойкость инструмента (примерно в 4-6 раз). Увеличивается на одну треть износостойкость таких изделий. Сокращается программа выпуска.

Существенная экономия металла (4тыс. т), сокращение количества автоматизированных линий и производственных площадей, высокая стойкость штампов - говорят о высокой рентабельности производства и конкурентоспособности изделий.

Основные результаты и выводы

1. На основе анализа существующих аналитических методов расчета деформирующих сил установлено, что известные формулы для осадки клиновидных тел имеют большие расхождения с экспериментальными данными, особенно для углов $\alpha \geq 10°$. Закладываемые в известные теории ограничения и допущения не всегда адекватны кинематическим условиям течения.

На основе предварительного изучения трансформации очага деформации и кинематики течения, позволивших выявить зоны интенсивной деформации и «жесткие» зоны, а также комбинирования «инженерного» метода с методом линий скольжения получены новые решения для определения силового режима процесса осадки клиновидных тел.

Это позволило уточнить известные формулы примерно до 12-40 % и расширить их применение для всего диапазона углов, используемых для лезвий (до 25°). Предложенная математическая модель адекватно отражает кинематику течения и поведение металла как в крайних «особых» точках, так и в центральной зоне.

В результате проведенной работы сделан вывод, что точность вычисления силы деформирования сильно зависит от учета кинематики. Выведенные зависимости и методика расчета рекомендуются для практического использования в инженерной практике и для аналитического исследования других процессов ОМД.

2. Изучено влияние схемы напряженного состояния на силу деформирования. Доказано, что разноименная схема напряженного состояния дает выигрыш в силе: по теоретическим данным- 14-20%, а по экспериментальным- 30-35%.

Для схемы осадки с растяжением даны рекомендации и выведены ограничения для растягивающей силы в зависимости от угла лезвия: при углах $\alpha \leq 10°$ - $\sigma_Q \leqslant (0{,}8 \div 0{,}9)\sigma_s$, при углах $\alpha = 15\text{-}20°$ - $\sigma_Q \leqslant (0{,}6\text{-}0{,}7)\sigma_s$.

В результате проведенной работы сделан вывод, что разноименная схема напряженного состояния позволяет добиваться снижения удельных сил деформирования и ее рекомендуется использовать при решении вопросов повышения стойкости оснастки, особенно для малых углов α.

3. Экспериментально изучено влияние смазывания на кинематику течения и на силовой режим процесса. Смазывание рабочих поверхностей инструмента позволяет увеличивать технологические возможности процесса путем увеличения степени обжатия заготовки.

Рациональное применение смазывающих материалов позволяет снизить удельные силы деформирования на 15-20%, а при приложении дополнительных растягивающих сил к заготовке – до 50%, что является существенным резервом повышения стойкости штамповой оснастки.

4. Стойкостью штампов можно управлять, изменяя конфигурацию деформируемой заготовки. Изготовление лезвий с малыми углами ($\alpha \leq 10 \div 15°$) и острыми кромками ($h=0,2 \div 0,5$мм) эффективно осуществлять с передней фаской ($\alpha=15°$). Снижающиеся более чем в два раза удельные силы деформирования позволяют, как минимум, пятикратно увеличивать стойкость инструмента.

5. Изучен термодинамический режим осадки клиновидных тел. На основе многофакторного эксперимента, учитывающего четыре фактора, получено уравнение регрессии, анализ которого позволил рекомендовать рациональные режимы обработки и обоснованно подойти к выбору оборудования.

При изготовлении лезвий рекомендовано: широкое использование ковочного оборудования (КГШП и вальцев), предельные удельные силы деформирования – $p \leq 650$-700МПа, температура деформирования – не ниже 950°С, передняя кромка лезвия - $h \geqslant 2$мм (при деформировании малых углов без фаски), или $h=0,2$-0,5мм (при деформировании с фаской).

Совместное использование уравнения регрессии и кривых усталости позволяет прогнозировать стойкость штампов на стадии разработки.

6. На основе аналитических и экспериментальных исследований разработаны и опробованы технологические процессы изготовления лезвий на штампах и в ковочных вальцах, позволяющие значительно повысить стойкость инструмента.

Разработанная технология изготовления лезвий культиваторных лап С-5.23 и С-1.7 с фаской позволила при внедрении на заводе «Красный Аксай» (г. Ростов-на-Дону) достигнуть пятикратного увеличения стойкости штамповой оснастки. Увеличенная на треть длина лезвия позволила повысить износостойкость изделий. В результате снижения программы выпуска существенно увеличилась экономия металла (4тыс.т) и сокращены производственные площади.

Основные положения диссертации опубликованы
в следующих работах:

1. Черкасова И. Н. Силовые параметры осадки клиновидных тел // Известия ВУЗов. Машиностроение. - 1985. - №4. - С.116-120.

2. Авторское свидетельство № 1411084 СССР, В 21 D 53/00. Способ изготовления изделий с лезвиями типа рабочих органов сельскохозяйственных машин /П.А. Рогозников, В.А. Цепулин, И.Н. Черкасова, С.М. Хазов // Б.И. – 1988. - №27.

3. Авторское свидетельство № 863137 СССР, В 21 D 53/64. Способ получения лезвий рабочих органов сельскохозяйственных орудий /А.Х. Грайфер, М.Я. Альшиц, И.Н. Черкасова //Б.И. – 1981.- №34.

4. Авторское свидетельство № 1192895 СССР, В 21 Н 7/00. Способ выполнения лезвий рабочих органов сельскохозяйственных орудий / М.Я. Альшиц, А.Х. Грайфер, И.Н. Черкасова // Б.И. – 1985. - № 43.

5. Авторское свидетельство № 1183265 СССР, В 21 Н 7/00. Устройство для выполнения лезвий на кромках плоских заготовок стрельчатых лап культиваторов / М.Я. Альшиц, А.Х.Грайфер, И.Н. Черкасова // Б.И. – 1985. - № 37.

6. Черкасова И.Н. Влияние схемы деформации на стойкость штамповой оснастки // Кузнечно-штамповочное производство. – 2002. -№10. - С.8-11.

7. Черкасова И.Н. Повышение рентабельности производства и конкурентоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин, изготовляемых горячей обработкой давлением // Кузнечно-штамповочное производство. – 2002. - №10. –С.14-17.

8. Рогозников П.А., Черкасова И.Н., Прагер А.И. Изготовление рабочих органов почвообрабатывающих машин повышенной износостойкости //Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции по прогрессивным технологиям в сельхозмашиностроении. ВДНХ. – Москва, 1985.- С.5-6.

Подписано к печати «15» мая 2003 г. Заказ № 94Т. Объем 1 п.л.
Тираж 100 экз. Типография МГТУ им.Н.Э.Баумана.