

ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КОВКИ ТРУДНОДЕФОРМИРУЕМЫХ И МАЛОПЛАСТИЧНЫХ СТАЛЕЙ

Рассмотрены и проанализированы технологические процессыковки труднодеформируемых и малопластичных сталей. Определены пути повышения качества поковок из данных сталей, приведены примеры внедрения в производство новых способовковки, кузнечной оснастки и инструмента.

There have been considered and analyzed the technological processes of the hardly-deformed and low-plastic steels. Determined the ways of increasing the quality of the forged pieces from those steels, exemplified the manufacture implementations of the new methods of the forge, forging rigging and instrument.

Введение. Снижение технологических потерь дорогостоящих металлов и сплавов, уменьшение отходов передела в машиностроении и металлургии являются наиболее актуальными задачами при производстве разнообразных поковок из труднодеформируемых и малопластичных сталей. В настоящее время особое значение приобретает возможность производителя гибко реагировать на изменение конъюнктуры рынка, что усугубляет данную проблему новыми требованиями. Все более остро ставится вопрос необходимости оперативного изготовления и отгрузки заказчикам качественной продукции широкого сортамента ограниченными партиями. Применительно к процессамковки поковок различной массы решение этих проблем, в первую очередь, связано с проектированием и освоением новых эффективных технологических процессов. Опыт отечественных предприятий показывает, чтоковка разнообразных поковок из труднодеформируемых и малопластичных сталей с применением традиционных приёмов и методов сопровождается значительными растягивающими напряжениями в очаге деформации, что приводит к образованию трещин, зажимов и другим видам брака в конечной продукции.

Технологияковки легированных и высоколегированных сталей и сплавов должна обеспечить высокую производительность, минимальный расход металла, улучшение физико-механических свойств, отсутствие внутренних и наружных дефектов в металле. Общими особенностями данных сталей являются более резко выраженные неоднородность структуры слитков, прочность транскристаллитной зоны, осевая рыхлость, наличие избыточной фазы, загрязненность границ зёрен включениями [1]. Все эти факторы снижают пластичность металла, кроме того, неоднородному по структуре металлу свойственна более низкая теплопроводность и более низкий интервал температур деформирования.

Постановка задачи. Свойства металла, особенно высоколегированного, зависят от степени деформации. Литая сталь по пластичности и вязкости имеет незначительную анизотропию свойств, вследствие зернистой структуры. По мере деформации анизотропия механических свойств увеличивается и чем более крупное зерно имеетковка, тем резче проявляется анизотропия. Влияние степени деформации взаимосвязано с температуройковки. При постоянной температуре обработки зерно тем мельче, чем больше величина деформации. При постоянной степени деформации повышение температуры обработки ускоряет диффузионные процессы и ведёт к увеличению роста зерна.

Показатели механических свойств изменяются при увеличении суммарной деформации (укова), а также при выборе оптимальных степеней деформации за один проход при разных температурах. Особенно важно избежатьковки при критических степенях деформации и добиться необходимого дробления зерна.

Для получения качественных поковок из различных сталей с высокими механическими свойствами используют различные способы обработки давлением слитков, заготовок. Каждому из них свойственны свои особые условия деформирования, свои преимущества и недостатки, анализу которых посвящена данная статья.

Изложение основного материала. На неравномерность деформации при ковке влияют факторы, которые связаны с физико-химическим состоянием металла и технологическими условиями протекания пластической деформации [2]. Для снижения вероятности разрушения труднодеформируемых материалов путем усиления гидростатического давления на заготовку используют приемы осадки в оболочках простой и комбинированной конструкции, деформирование в пластичных прокладках [3]. Однако, несмотря на положительные эффекты, данные способы малопригодны и технически не осуществимы для процессовковки крупногабаритных поковок, оказывают влияние на термический режим деформации и требуют решения вопросов утилизации дорогостоящих оболочек, изготовление которых приобретает индивидуальный характер.

При протяжке на молоте слитка или заготовки плоскими бойками деформация первого рода наблюдается в плоскости вдоль оси тела и в плоскости нормальной к ней [4, 5]. При протяжке заготовок наибольшие знакопеременные скалывающие напряжения и деформации концентрируются в диагональных зонах и, как следствие, при ковке малопластичных сталей и сплавов эти зоны наиболее склонны к трещинообразованию. Разрушение металла в диагональных сечениях происходит в результате механизма среза. При ковке на молотах ударное приложение нагрузки приводит к повышению неравномерности деформации, и её локализации в зонах диагоналей. Таким образом, деформация малопластичных сталей и сплавов на

высокоскоростном оборудовании приводит к значительному ускорению образования трещин.

Одним из способов уменьшения вероятности нарушения сплошности в диагональных зонах является снижение степени деформации за единичное обжатие, однако при этом в поверхностной зоне деформируемого металла появляются осевые растягивающие напряжения, вследствие чего на поверхности заготовки образуются поперечные трещины с помощью механизма отрыва.

Следующим недостаткомковки заготовок с применением плоских бойков является значительная неравномерность деформации. В результате в некоторых зонах очага степень деформации превышает критическую. В дальнейшем это обуславливает получение после конечной термообработки зональной крупнозернистой структуры в готовых изделиях. Надёжное устранение такой неоднородной деформации при свободной ковке на молоте весьма затруднительно или невозможно.

Для устранения вышеперечисленных недостатков предлагается использование для деформирования поковок прессов, работа которых характеризуется приложением статического внешнего напряжения, и позволяет уменьшить концентрацию скальвающих напряжений в диагоналях сечения заготовки. Также рекомендуется использование при протяжке угловых или круглых вырезных бойков, которые позволяют уменьшить величину растягивающих напряжений в очаге деформации и обеспечивают получение более плотной заготовки без внутренних трещин и с минимальным развитием поверхностных разрывов.

Одним из наиболее перспективных направленийковки малопластичных сталей является применение радиальнойковки на специально разработанных ротационно-обжимных машинах (РОМ), которые позволяют создать благоприятные условия напряжённо-деформированного состояния в очаге деформации [6]. При деформировании заготовки усилием, приложенным одновременно несколькими радиально перемещающимися бойками, реализуется схема неравномерного всестороннего сжатия, при этом очаг деформации сосредоточен в областях поковки, находящихся непосредственно в зоне действия инструмента. Благодаря чередованию обжатий с кантовками металл подвергается циклическому формоизменению и в результате накопленная суммарная деформация может превысить среднюю деформацию, определяемую уковом. Кроме того, дробность деформации предопределяет лучшую деформационную проработку элементов исходной структуры металла.

Однако применение РОМ экономически целесообразно при массовом производстве поковок с удлиненной осью из легированных сталей и сплавов. Эти машины относятся к узкоспециализированным машинам, предназначенным только для выполнения операций протяжки. В связи с этим их использование на машиностроительных заводах с широкой номенклатурой поковок не всегда экономически выгодно. Также необходимо учитывать, что использование РОМ требует значительных финансовых затрат на техническое перевооружение и реконструкцию, что не всегда является целесообразным.

В настоящее время идёт активный поиск новых технических решений, позволяющих интенсифицировать процесс протяжки и улучшить качество изготавливаемых поковок без замены основного оборудования, путём использования имеющегося. Одним из весьма перспективных направлений является применение четырехстороннейковки слитков с применением специальных ковочных устройств [7-9], конструкция которых в общем виде приведена на рис. 1.

Использование данного блока дляковки обычных углеродистых сталей и специальных трудно деформируемых сталей и сплавов, обеспечивает: глубокую проработку структуры металлов по всему сечению заготовки; отсутствие разрывов в сердцевине поковок; хорошее качество поверхности поковок; значительную экономию материалов из-за высокой размерной точности поковок и низких припусков на механическую обработку; гибкость в работе, достигаемую посредством регулировки величины хода бойков и подач; номинальное усилиековки на всём ходу бойков; выполнениековки за один нагрев заготовки и т.д.

При этом сокращается машинное времяковки на 35-65 %, что позволяет увеличить объём производства поковок в 1,7 – 2,5 раза; получаются геометрически точные поковки круглого и квадратного (с острыми кромками) сечений с уменьшенными на 25-30 % допусками и припусками, а уменьшение припусков на 25-30 % позволяет экономить 40 – 70 кг металла на 1 т поковок диаметром 200 – 400 мм, поставляемых на экспорт после их обдирки на металлорежущих станках; сокращаются затраты энергии на единицу поковок не менее чем в 1,5 раза; обеспечивается высокое качество металла поковок [10-12].

К недостаткам четырехбойковых ковочных устройств необходимо отнести высокую стоимость и сложность изготовления по сравнению с традиционным кузнечным инструментом, что не позволяет интенсивно внедрять данные устройства в производство.

Применение нового кузнечного оборудования и специальных ковочных устройств является не единственным путём улучшения качества получаемых поковок и увеличения производительности. В настоящее время увеличилось количество исследований и прикладных технических решений, направленных на использование необычных эффектов, возникающих в процессе деформации, реализуемых с наложением на обрабатываемую заготовку макродвигов, т.е. сдвигу подвергают одну часть заготовку относительно другой её части. Применение таких методовковки позволяет получать поковки с качественной макроструктурой при значительно меньших степенях укова (не более 2) и более высокими механическими свойствами при равных степенях укова [13]. В.А. Тюрин приводит следующие обобщенные технические характеристики принципиальных способов воздействия на макроструктуру путём регулирования потоков пластического течения металла [13]:

- увеличение количества потоков вытеснения металла в очаге деформации с целью интенсификации проработки металла в осевой зоне и по всему поперечному сечению слитка при ковке;

- изменение направления потоков вытеснения металла относительно главных осей изделия, в частности, путёмковки с непрямолинейным фронтом подачи;
- накопление эффектов изменения направления течения металла с целью регулирования анизотропии металла;
- регулирование пластических потоков за счёт изменения соотношения площадей свободных и контактных поверхностей, а также за счёт изменения конфигурации свободных поверхностей заготовки;
- реализация дополнительных макросдвигов в очаге деформации.

Ковка заготовок с применением макросдвигов активно внедряется на предприятиях СНГ. Так на заводе «Днепроспецсталь» разработан и внедрён способ радиального обжатия с увеличенными подачами из стали Р6М5К5 [14], который позволил: увеличить производительность до 16 %; улучшить проработку структуры металла; уменьшить коэффициент анизотропии механических свойств на 40 %.

Также производится разработка кузнечной оснастки, применение которой позволит добиться эффекта «макросдвиговой деформации» на традиционном ковочном оборудовании. Разработаны и предлагаются к использованию специальные кузнечные бойки [15], применение которых позволяет получить макроструктуру металла со скрученными волокнами, что позволяет значительно увеличить механические свойства металла при изготовлении поковок (см. рис. 2).

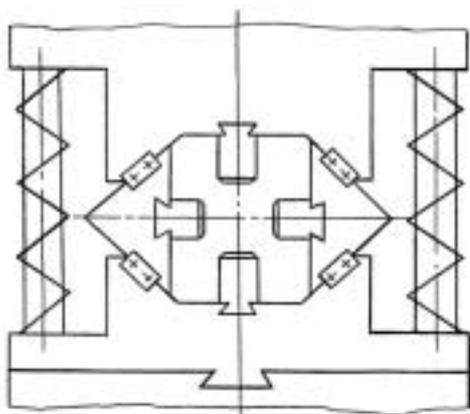


Рис. 1. Специальное ковочное устройство для четырехстороннейковки слитков

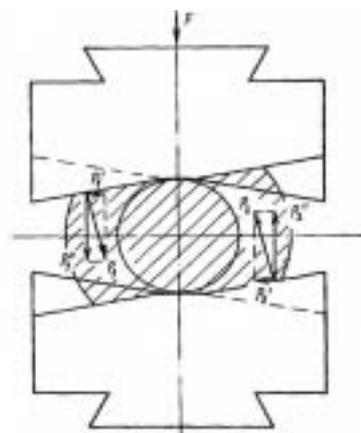


Рис. 2. Инструмент дляковки: F – сила деформирования; P_1'' , P_1' и P_1 – вертикальная, горизонтальная составляющие и результирующая силы давления верхнего бойка; P_2'' , P_2' и P_2 – тоже для нижнего бойка

Учёными Московского института сталей и сплавов предложен ряд бойков [16, 17], конфигурация которых обеспечивает в поковке дополнительные плоскости сдвига, что позволяет улучшить проработку структуры поковки и уменьшить анизотропию механических свойств (см. рис. 3).

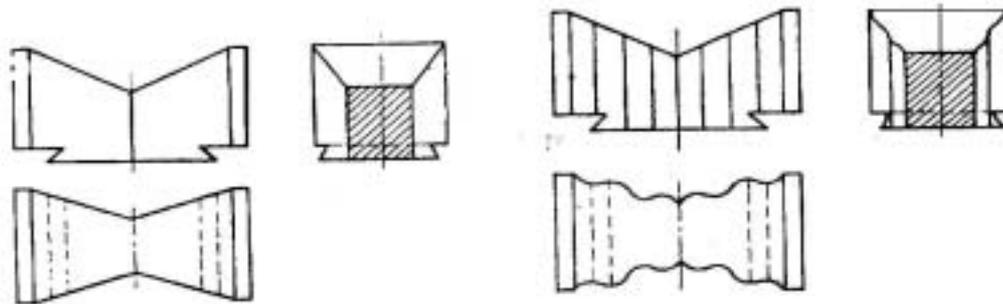


Рис. 3. Варианты исполнения кузнечных вырезных бойков

Применение специальных V-образных бойков (рис 4.) дляковки плит предложено специалистами ДГМА [18]. Использование такого инструмента позволило не только улучшить качество структуры металла поковок, но и увеличить производительность.

Регулировка движения макропотоков при кузнечных операциях может осуществляться путём использования, как специального инструмента, так и специальной заготовки. Данный принцип реализован на Электростальском заводе тяжёлого машиностроения путём использования заготовок с тремя расположенными под углом 120° выступами [19] (рис. 5).

Разработан также способковки путём изменения направления потоков вытеснения металла. Суть технологии [20] заключается в следующем: обжатия (ϵ) ведут за два прохода; в первом проходе единичное обжатие каждой части заготовки производят с её ориентированием под углом к осиковки; перед единичным обжатием каждой части заготовки во втором проходе изменяют положение оси заготовки путём её размещения симметрично положению в первом проходе относительно осиковки.

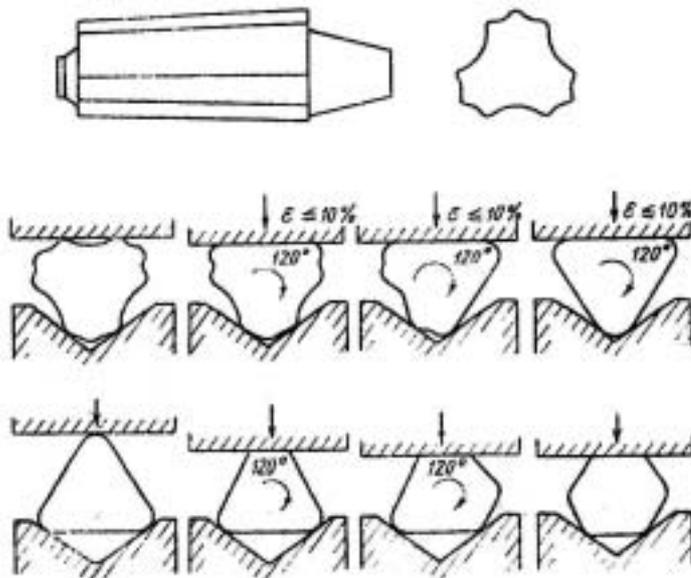


Рис. 5. Техлепестковый слиток и схема егоковки в комбинированных бойках

крупносерийном производстве максимально внедрять РОМ и другие типы нового кузнечного оборудования. При мелкосерийном производстве максимальный экономический эффект достигается применением новой кузнечной оснастки и инструмента, а также использованием исходной заготовки специальной формы, получение которой возможно как способами литья, так и кузнечными операциями. Перспективным направлением представляется разработка новых приёмов и способовковки, позволяющих улучшить качествопоковок без привлечения дополнительных капитальных вложений.

Литература

1. Юдович С.З. Ковка на молотах заготовок из легированных сталей. – М.: Машиностроение, 1968. – 215 с.
2. Охрименко Я.М., Тюрин В.А. Технологическая неравномерность деформации // Кузнечно-штамповочное производство. – 1968. – № 12. – С. 3-7.
3. Могучий Л.Н. Обработка давлением труднодеформируемых материалов. – М.: Машиностроение, 1976. – 272 с.
4. Дзугутов М.Я. Напряжения и разрывы при обработке металлов давлением. – М.: Металлургия, 1974. – 280 с.
5. Дзугутов М.Я. Пластическая деформация высоколегированных сталей и сплавов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1977. – 480 с.
6. Ковка на радиально-обжимных машинах / В. А. Тюрин, В. А. Лазоркин, И. А. Поспелов и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.
7. Пат. 2242322 Российская Федерация, МКИ В 21 J 13/02 К 7/16. Четырехбойковое ковочное устройство / А.М. Володин, Л.Г. Конев, В.А. Лазоркин; Заявитель и патентообладатель ОАО «Тяжпрессмаш». – № 2003110915/02; Заявл.16.04.03; Оpubл. 20.12.04, Бюл. № 65. – 6 с.; ил.
8. Пат. 55249А Украина, МКВ 7 В 21 J 13/02. Чотирибойковий кувальний пристрій / В.А. Лазоркін, Ю.В. Мельников, С.О. Лазоркіна (Україна). – № 2002086605; Заявл. 09.08.2002; Оpubл. 17.03.2003, Бюл. № 3. – 3 с.; ил.
9. Пат. 64299А Украина, МКВ 7 В 21 J 13/02. Чотирибойковий кувальний пристрій / В.А. Лазоркін,

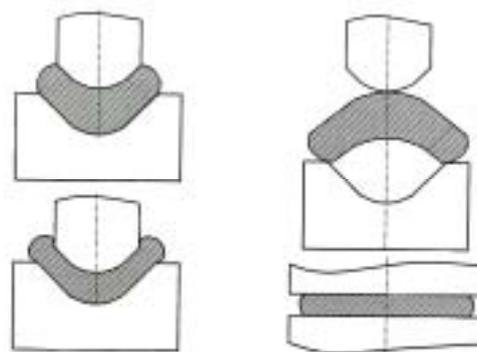


Рис. 4. Схемаковки в V-образных бойках

Применение этого способаковки позволяет повысить качества металлапоковок, ускорить преобразование дендритной крупнозернистой структуры в мелкозернистую, получить минимальную анизотропию механических свойств при небольшом коэффициенте укова.

Выводы. В настоящее время перспективами кузнечно-прессового производства является развитие нескольких путей улучшения качествапоковок из труднодеформируемых и малопластичных сталей и сплавов, выбор которых обусловлен конкретными условиями производства и экономической целесообразностью для отдельных предприятий. Для выбора технологического процесса и определения оптимальных технических решений рационален индивидуальный подход к каждойпоковке. В качестве общих рекомендаций предлагается при массовом и

Ю.Ф. Терновой, Ю.В. Мельников (Украина). – № 2003044007; Заявл. 30.04.2003; Оpubл. 16.02.2004, Бюл. № 2. – 5 с.; ил.

10. Мельников Ю.В. Технично-економические показатели ковки в четырехбойковом ковочном устройстве // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2006. – № 6. – С. 55-57.

11. Лазоркин В.А., Терновой Ю.Ф., Артамонов Ю.В. Четырехбойковое ковочное устройство для гидравлических ковочных прессов // Кузнечно-штамповочное производство. – 2000 – № 8. – С. 43-44.

12. Лазоркин В.А., Яценко Р.В., Мельников Ю.В. Качество поковок, изготовляемых радиальной ковкой на гидравлическом ковочном прессе // Кузнечно-штамповочное производство. – 2005. – № 5. – С. 8-11.

13. Тюрин В.А. Инновационные технологии ковки с применением макросдвигов / В.А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное производство. – 2007. – № 11. – С. 15-20.

14. Исследование радиального обжатия слитков и заготовок из быстрорежущих сталей / В.А. Лазоркин, В.А.Тюрин, И.А. Пospelов, Ю.Г. Залужный // Кузнечно-штамповочное производство. – 1987. – № 6. – С.7-9.

15. А.с. 1505654 СССР, МКИ В 21 J 5/00 J 13/02. Инструмент для ковки / Б.П. Грохольский, А.В. Ширяев, Н.М. Наумова (СССР) – № 4152006/25-27; Заявл.26.11.86; Оpubл. 07.09.89, Бюл. № 3. – 4с.; ил.

16. А.с. 339089 СССР, МКИ В 21 J 13/02. Устройство ковки заготовки / В.А. Тюрин, Я.М. Охрименко (СССР). – № 1666179/25-27; Заявл. 17.06.71; Оpubл. 30.03.79, Бюл. № 12. – 2с.; ил.

17. А.с. 264132 СССР, МКИ В 21 J 13/02. Кузнечный вырезной боёк / Тюрин В.А., Охрименко Я.М., Барсуков В.П. (СССР) – № 1292561/25-27; Заявл. 27.12.68; Оpubл. 19.11.70, Бюл. № 8. – 4с.; ил.

18. Марков О.Е. Удосконалення ресурсозберігаючих технологічних процесів кування плит: Автореф. дис. ... к-та техн. наук: 05.03.05 / Донбаська державна машинобудівна академія. – Краматорськ, 2003. – 19 с.

19. А.с. 590098 СССР, МКИ В 21J 1/04. Способ ковки заготовки / В.А. Тюрин, С.А. Балувев, А.Ф. Железнов (СССР). – № 2407702/25-27; Заявл. 6.09.76; Оpubл 30.01.78, Бюл. № 4. – 4с.; ил.

20. Пат. 2252834 Российская Федерация, МКИ В 21 J 1/04. Способ ковки заготовок плоскими бойками / В.А. Тюрин, В.В. Овечкин, Копп Райнер (Германия), Зигльмайер Оливер (Германия). – № 2003119866/02; Заявл. 3.07.03; Оpubл 27.05.05. – 7с.; ил.

Надійшла 09.01.2009 р.