

Анализ технологии штамповки лап буровых долот типа R8616 из стали 19ХГНМА

Иштугин А.

Самарский Государственный технический университет

Лапы буровых шарошечных долот изготавливают методом горячей штамповки на кривошипных горячештамповочных прессах или штамповочных молотах.

Известно, что верхняя граница температурного интервала обработки давлением стали зависит от солидуса и должна быть на 100-150 °С ниже него, чтобы не вызвать перегрева (роста зерна и снижения пластичности) и тем более пережога. Нижняя граница интервала связана с критическими точками, при переходе которых резко снижается пластичность. Для каждого металла в зависимости от его химического состава установлены вполне определённые температурные интервалы горячей штамповки.

Общим положением для всех металлов и сплавов является то, что они имеют наибольшую пластичность при температурах рекристаллизации, т.е. в условиях горячего деформирования, которым одновременно соответствуют и малые значения показателей прочности, а, следовательно, и сопротивления деформированию. Опасными зонами температур, для которых наблюдается уменьшение пластичности, являются зоны, в области которых возможны фазовые превращения, неполная горячая деформация или явления старения и хрупкости.

Рекомендуемая граница окончания штамповки для малоуглеродистых легированных сталей должна быть не выше 800-950°С. Однако, в условиях реального производства он несколько завышен и лежит в пределах от 1000-1100°С. Такой же результат даёт моделирование. Из анализа рисунка 1 видно, что температура самой нагруженной части лапы составляет 1140°С. Соответственно после охлаждения формируется грубая феррито-перлитная структура, имеющая пониженную ударную вязкость.

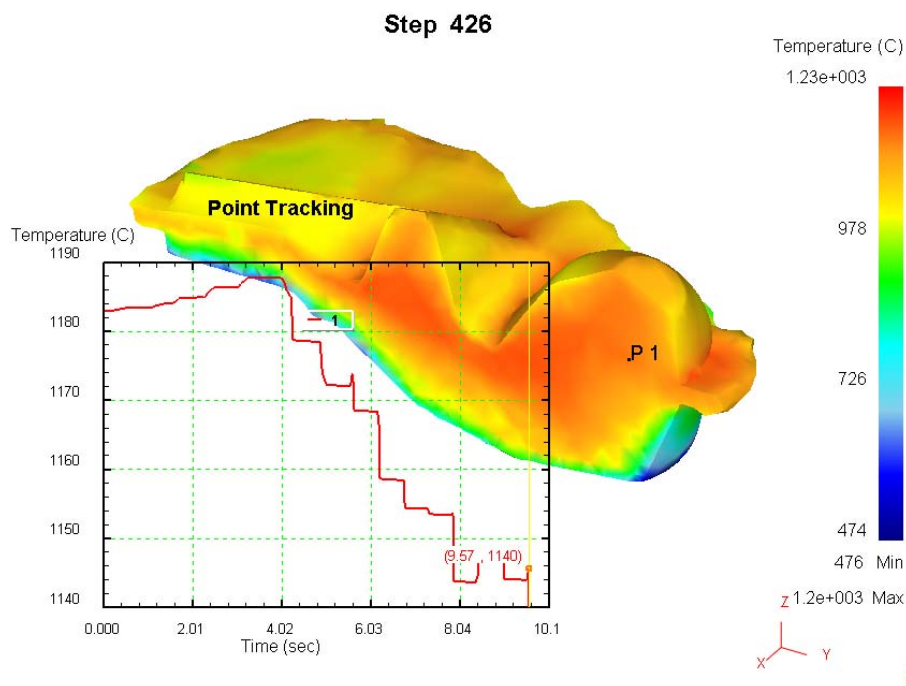


Рисунок 1 - Температура лапы бурового долота после окончания штамповки

При моделировании данного опыта межпереходный перерыв составлял минимальное значение (5-10 с), естественно, что за такое короткое время заготовка взаимодействуя с внешней средой, не могла сильно остыть. Влияние ударного действия молота привело лишь к ещё большему повышению температуры изделия, а в некоторых местах и локальному перегреву заготовки. Отсюда следует, что возможными путями снижения конечной температуры могут являться: снижение температуры нагрева заготовки перед штамповкой, увеличение времени взаимодействия только с внешней средой в межпереходный период, снижение температуры рабочих частей штампа.

Применение метода охлаждения рабочих частей штампа не целесообразно и трудно реализуемо в условиях уже сложившегося производства. Для его реализации следовало бы разработать новые модели штампов, которые имели бы автоматическое охлаждение какой-либо жидкостью. Воплощение в жизнь данной задачи крайне затруднительно.

Для доказательства того, что метод, базирующийся на увеличении времени межоперационных перерывов не может быть применён, обратимся к таблице 1.

Таблица 1 - Понижение температуры в °С стальных заготовок при охлаждении на воздухе за 1 минуту

Интервал температуры, °С	Диаметр заготовки, мм	
	100	120
1000-900	17,5	16,6
900-800	14,5	13,6
800-700	10,7	10,0

По её результатам сделаем вывод о том, что для того, чтобы снизить температуру заготовки на необходимые 300-250°С нужно соблюдать выдержку на воздухе в течение 20-30 минут. Это приведёт к тому, что технологический процесс изготовления единицы продукции займёт на много больше времени, тем самым в разы снизится производительность труда, повысятся экономические потери.

Был проведён опыт, взявший в основу первый из предложенных методов. В качестве начальной температуры выбрано значение 1000°С. Значение энергии удара молота, его КПД, а также масса падающих частей оставлены неизменными. Изменение температуры заготовки показано на рисунке 2.

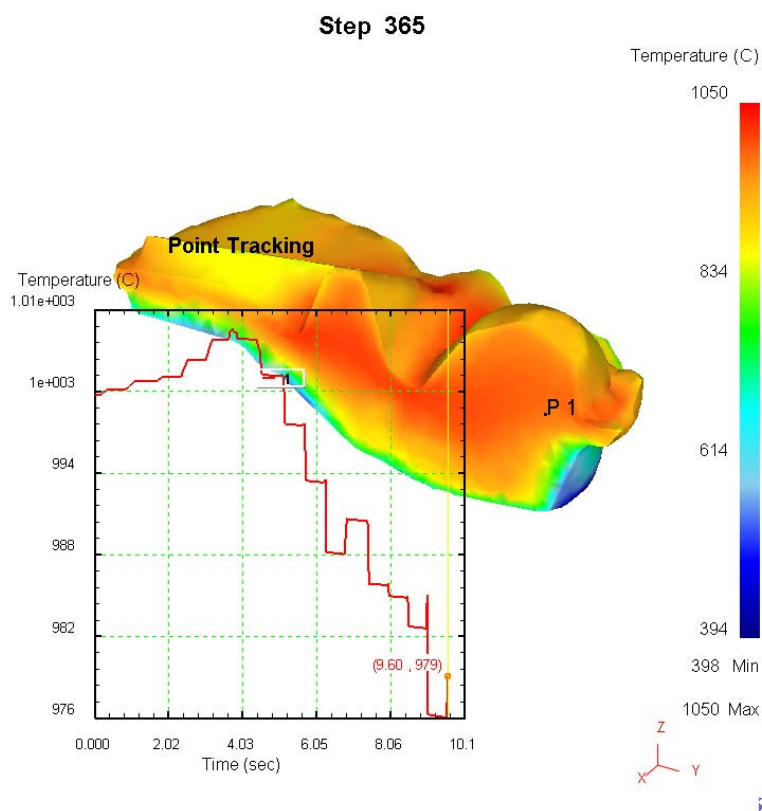
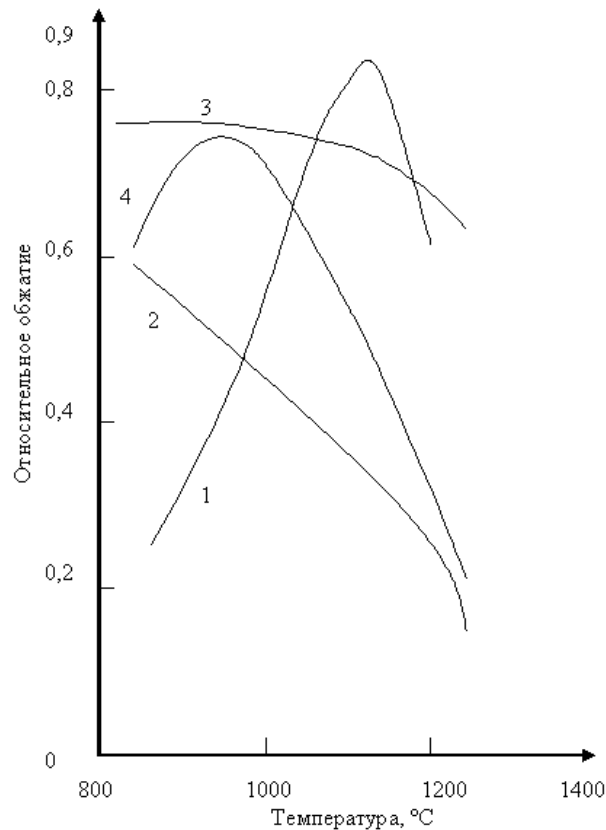


Рисунок 2 - Изменение температуры рабочей части лапы

Так как выбран первый метод, то следует сделать анализ на предмет разрушения заготовки при штамповке. Качественная зависимость пластичности от температуры представлена на рисунке 3.



- 1 - малоуглеродистые стали
- 2 - высоколегированные стали
- 3 - шарикоподшипниковые стали
- 4 - другие сплавы
- 5 - техническое железо

Рисунок 3 - Влияние температуры на пластичность сталей

Влияние температуры неоднозначно. Малоуглеродистые и среднеуглеродистые стали, с повышением температуры, становятся более пластичными (1). Высоколегированные стали имеют большую пластичность в холодном состоянии (2). Для шарикоподшипниковых сталей пластичность практически не зависит от температуры (3). Отдельные сплавы могут иметь интервал повышенной пластичности (4). Техническое железо в интервале 800-1000°C характеризуется понижением пластических свойств (5). При температурах, близких к температуре плавления пластичность резко снижается из-за возможного перегрева и пережога.

О том, произошло ли разрушение заготовки при штамповке можно судить, применив в постпроцессоре критерий разрушения Damage, который рассчитывается по методу Cockcroft & Latham. Для малоуглеродистых сталей он имеет значение близкое к 0,4-0,6. Построив гистограмму, изображённую на рисунке 4 увидим, что практически все узлы сетки модели заготовки имеют оптимальное значение, при котором разрушение не наблюдается, отклонения имеют лишь узлы, находящиеся в зоне образования заусенца.

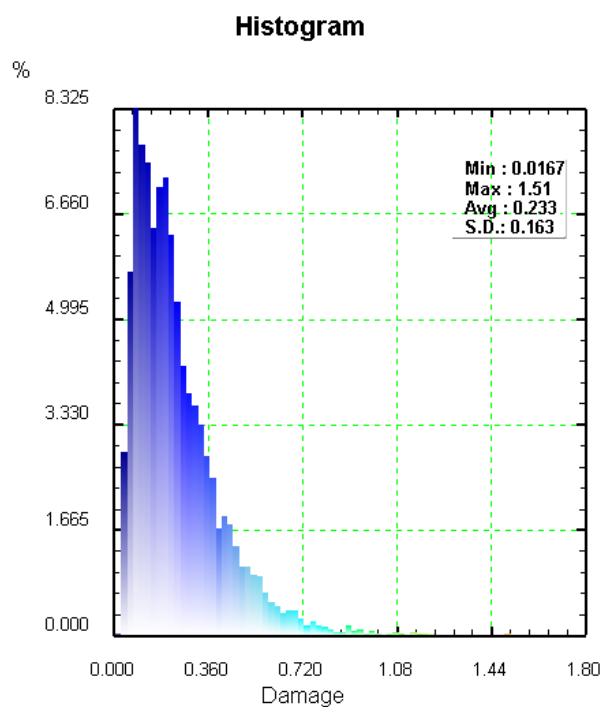


Рисунок 4 - Гистограмма по критерию Damage

Также можно проконтролировать данный критерий на наиболее нагруженной части лапы (рисунок 5).

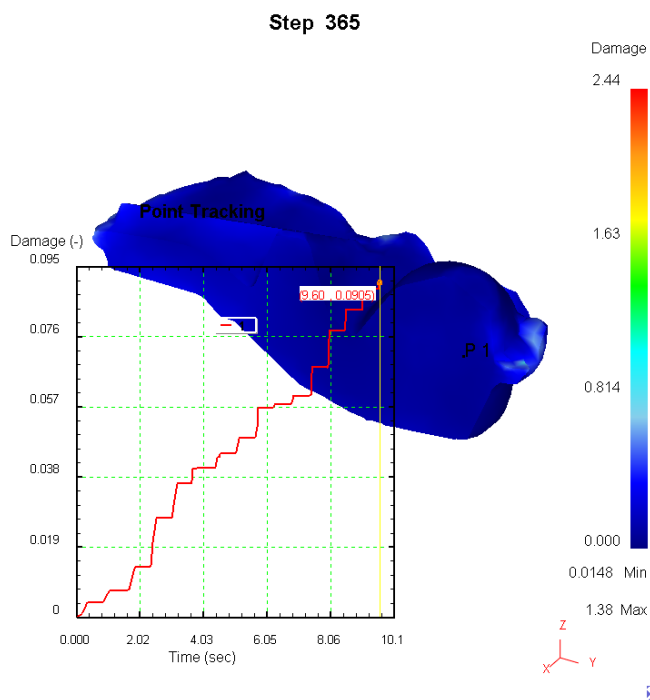


Рисунок 5 - График по критерию Damage

Для выявления таких дефектов при горячей обработке давлением как недоштамповка в DEFORM 3D существует опция "Show contact nodes/Показать узлы контакта", которая показывает места контакта штамповочного инструмента с заготовкой. Данный дефект возникает при недостаточном усилии при штамповке, а так как был снижен интервал начала штамповки, то возможно его появление. Из анализа рисунка 6 сделаем вывод о том, что данный дефект не появился.

Step 365

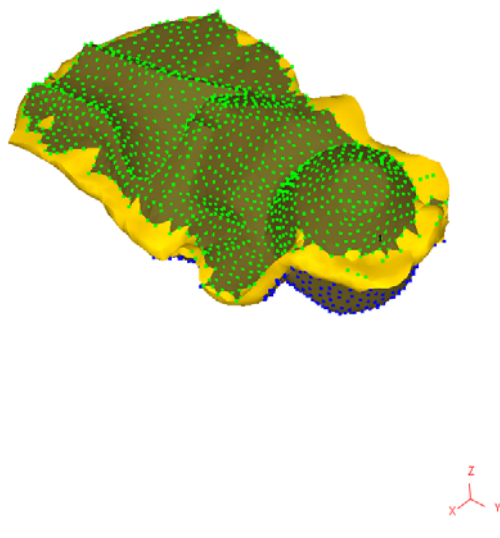


Рисунок 6 - Места контакта заготовки с инструментом

Итак, можно сделать вывод о том, что при производстве лапы бурового долота типа R8616 можно снизить значение температуры нагрева перед штамповкой до 950°C и тем самым добиться требуемого размера зерна и необходимой структуры при неизменном значении энергии удара молотом.

На рисунке 7 представлен график изменения температуры изделия при охлаждении на спокойном воздухе.

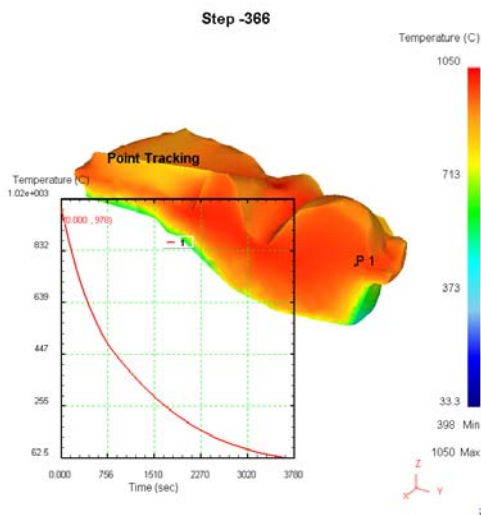
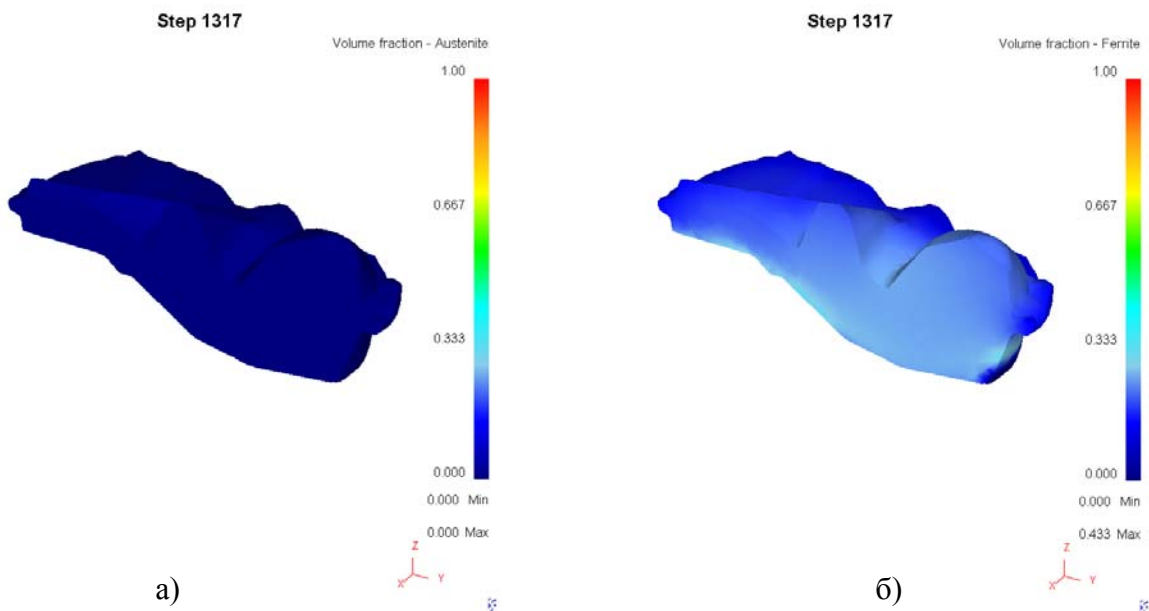
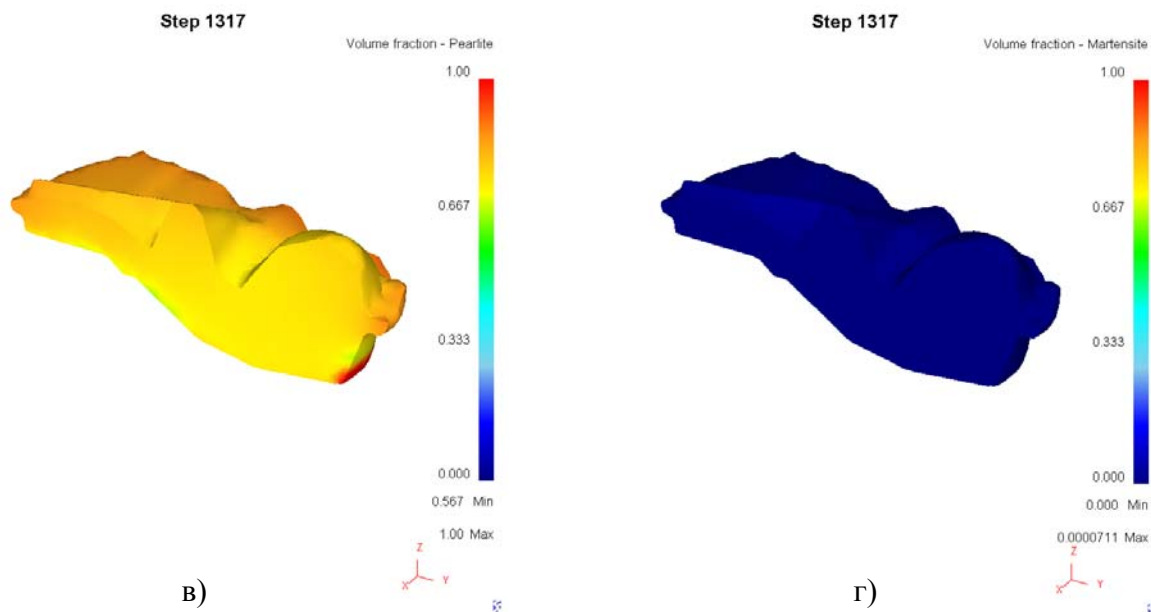


Рисунок 7 - График изменения температуры

Время остывания заготовки до 62°C примерно равно 3800 секунд. Распределение фаз по объёму заготовки показано на рисунке 8.





в)

г)

а - содержание аустенита

б - содержание феррита

в - содержание перлита

г - содержание мартенсита

Рисунок 8 - Содержание структурных составляющих в результате охлаждения

Моделирование охлаждения заготовки в воде показало, что значение твёрдости не превышает 29 HRC (рисунок 9). Закалочные структуры, а в частности мартенсит, образуются в зоне заусенца, где скорость охлаждения велика. На поверхности заготовки содержание мартенсита также невелико, что позволит в последующем проводить механическую обработку готового изделия. В теле же заготовки его содержание не превышает значения 2%. Это позволяет сделать вывод о том, что можно без неблагоприятных последствий применять скоростное охлаждение. Однако, следует при этом использовать нагнетаемый воздух, либо паровоздушную смесь. Тем самым обеспечится необходимое значение размера зерна, а также будет осуществим контроль содержания феррита в конечном изделии.

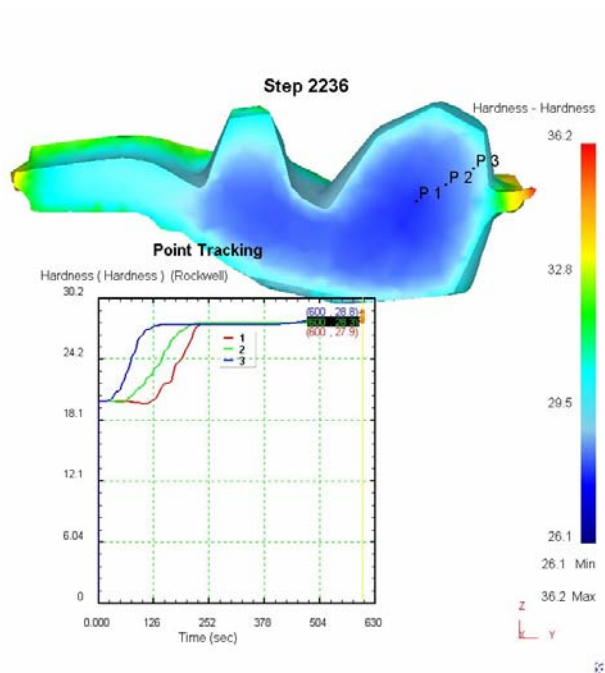


Рисунок 9 - Изменение твёрдости по телу заготовки

Выводы

На основании анализа, конкурирующих способов снижения конечной температуры штамповки был выбран наиболее рациональный способ оптимизации процесса и приведено доказательство его возможной применимости. Также были рассмотрены процессы теплопередачи в заготовке и возможность ускорения охлаждения.