

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ОТЖИГА ЛАТУННОЙ ГИЛЬЗЫ В ПРОЦЕССЕ РЕЛОАДИНГА

Сургаева Е.С., Юдин П.Е., Якубович Е.А.

Ключевые слова: латунная гильза, снаряжение патронов, релоадинг, степень деформации, микроструктурный анализ, индукционный отжиг, рентгенофазовый анализ, микротвердость латунной гильзы.

Аннотация. В статье рассмотрен процесс самостоятельного снаряжения (релоадинг) патронов стрелкового оружия и его основные стадии. Изучены причины роста твердости в области шейки латунной гильзы и показано изменение степени деформации шейки гильзы на различных стадиях реалодинга. Обоснована целесообразность применения индукционного нагрева для проведения отжига гильзы. Выполнен отжиг гильз и изучена микроструктура гильзы после нагрева. Исследована закономерность изменения микротвердости в различных зонах гильзы в зависимости от времени нагрева. С учетом экспериментальных данных рентгенофазового анализа подобран оптимальный режим отжига гильзы «.308 Lapua» для снятия наклепа после многократного использования

SELECTING THE OPTIMUM ANNEALING MODE OF THE BRASS CASE IN THE RELOADING PROCESS

Surgaeva E.S., Udin P.E., Yakubovich E.A.

Keywords: brass sleeve, cartridge loading, reloading, degree of deformation, microstructural analysis, induction annealing, X-ray phase analysis, microhardness of brass sleeve.

Abstract. The article describes the process of self-loading (reloading) of small arms cartridges and its main stages. The reasons for the increase in hardness in the region of the neck of the brass sleeve are studied and the change in the degree of deformation of the neck of the sleeve at different stages of realody is shown. The expediency of using induction heating for the annealing of the liner has been substantiated. The sleeves were annealed and the microstructure of the sleeve after heating was studied. The regularity of changes in microhardness in different zones of the liner, depending on the heating time, has been investigated. Taking into account the experimental data of X-ray phase analysis, the optimal mode of annealing of the ".308 Lapua" liner was selected for removal of work hardening after repeated use

Изменения, внесенные в законодательство Российской Федерации в январе 2019г., позволили стрелкам-спортсменам при наличии соответствующих разрешений, для личного использования самостоятельно производить снаряжение патронов в заводских условиях с применением бывших в употреблении гильз. Этот процесс носит название релоадинг (анг. «перезаряжать») и включает также подготовительные работы: самостоятельное изготовление или исправление комплектующих, проведение контрольных замеров на соответствие и подобные операции [1].

В зависимости от стадий проведения релоадинга, области «шейки» и «дульца» гильзы подвергаются воздействию различной степени пластической деформации, вызывая их упрочнение.

В качестве объекта исследования использовалась гильза популярной марки «.308 Lapua» из латуни ЛК75В (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид латунной гильзы «308 Lapua»

На рисунке 2 приведена зависимость изменения диаметра «шейки» гильзы от стадий проведения процесса релоадинга. При выстреле под действием нарастания давления пороховых газов, диаметр шейки гильзы увеличивается, при этом стенки гильзы вплотную прижимаются к стенкам патронника. При спаде давления, стенки гильзы возвращаются в исходное положение только на величину упругой деформации и не доходят до своего первоначального диаметра на величину остаточной деформации металла, из которого она сделана. Для соответствия эталонным размерам, гильзу обжимают, тем самым диаметр гильзы уменьшается. Повторный обжим корпуса гильзы «full-size» способствует увеличению наружного диаметра «шейки» гильзы. При посадке пули, дульце гильзы расширяется, вследствие этого и увеличивается диаметр «шейки».

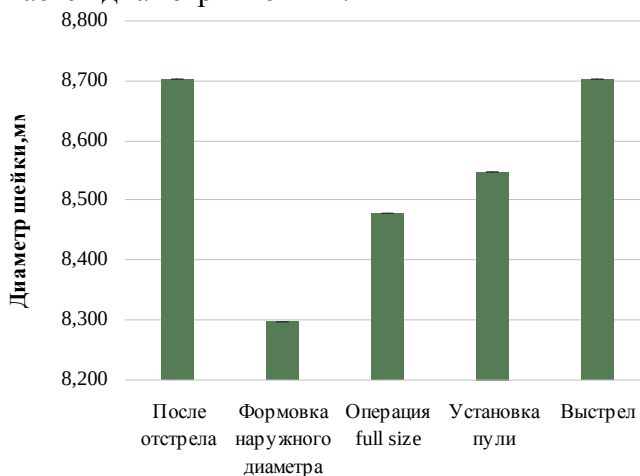


Рис. 2. Зависимость изменения диаметра «шейки» гильзы от стадий релоадинга

Известно, что степень деформации оказывает существенное влияние на пластичность и сопротивление металла деформированию. При увеличении степени деформации прочность гильзы увеличивается и при многократном использовании гильзы область «шейки» подвергается наклепу [3]. Наличие наклепа приводит к увеличению твердости шейки гильз, что в свою очередь негативно сказывается на усилиях строгивания пули и, как следствие, падению кучности боеприпаса.

Самым распространённым способом для снятия наклепа является применение высокотемпературного нагрева – отжига [4]. При повышении температуры наблюдается рост зерна латуни, вследствие чего прочность и

твердость гильзы снижается. При этом важно, чтобы отжигу подвергались только области «шейки» и «дульца» гильзы. Корпус гильзы должен обладать достаточными прочностными характеристиками, чтобы при выстреле под давлением газов не произошло ее разрушение.

Обычно отжиг осуществляется двумя способами: с помощью газовой горелки и с помощью индукционного нагрева. Первый способ является наиболее распространенным, так как не требует специального оснащения, однако имеет свои недостатки, главным из которых является неравномерность и неоднородность нагревания гильз. Индукционный нагрев, напротив, позволяет получать равномерную температуру в требуемых зонах обрабатываемого изделия. В работе использовалась специализированная установка индукционного нагрева, позволяющая проводить отжиг с температурой нагрева до 350-400°C локальных областей шейки и дульца гильзы. При этом практическая реализация индукционного нагрева для отжига гильзы затруднена сложностью контроля и регулирования температуры, в связи с чем подбор оптимального режима термической обработки гильзы осуществлен с использованием дюраметрического и микроструктурного методов контроля.

Для получения точных результатов длительность отжига варьировалась в диапазоне 1-12 секунд, причем на каждом временном интервале проводилась фотосъемка гильзы. На рис. 3 приведен внешний вид гильзы после отжига после различных длительностей отжига.

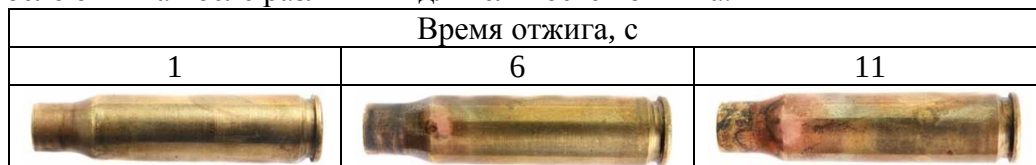


Рис. 3. Внешний вид гильз после отжига

Из рисунка 3 видно, что при длительности отжига более 6 секунд в области шейки наблюдается изменение цвета латуни на характерный красноватый оттенок. Образование подобного оттенка является подтверждением того, что латунь претерпела структурные изменения. По истечению 12 секунд в области дульца гильзы наблюдается расплавление металла. Так как температура плавления цинка (419°C) существенно меньше, чем у меди (1083°C), то при длительном нагреве может происходить выгорание фазовой составляющей цинка.

На рисунке 4 представлены результаты изменения микроструктуры в различных областях гильзы (дульце, шейка и тело) после различных длительностей индукционного нагрева. Анализируя полученные результаты микроструктур, можно отметить, что структура представлена однофазной α -латунью (светлые равноосные зерна).

После 1-ой секунды нагрева в структуре латуни значительных изменений не происходит. В области тела зерна вытянуты в продольном направлении, что характерно для процессов волочения при производстве гильзы.

При дальнейшем нагреве в течение 6 секунд в области дульца зерна α -фазы приобретают равновесную полиэдрическую форму с ярко выраженными границами. Равновесная форма зерен свидетельствует о завершении процессов рекристаллизации при отжиге.

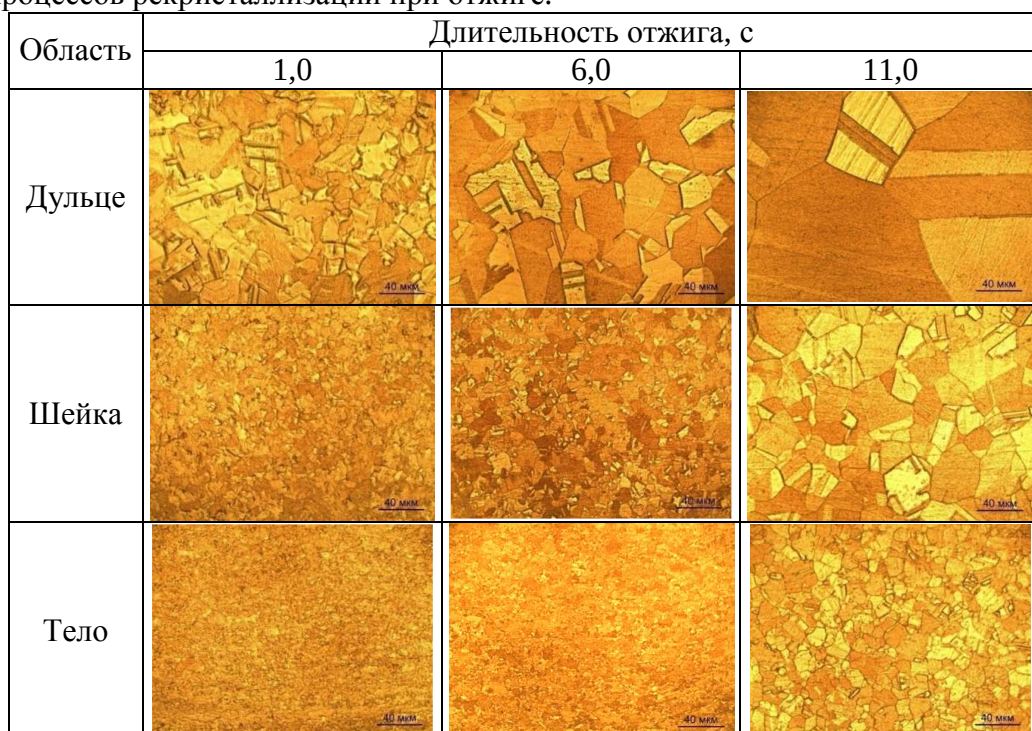


Рис. 4. Микроструктура характерных зон гильзы в зависимости от длительности отжига, $\times 1000$

При отжиге в течение 11 секунд наблюдается значительный рост зерна α -фазы с образованием двойников, представленных в виде прямоугольных пластин, расположенные внутри зерен. Образованию двойников отжига способствует длительный нагрев, в результате которого происходит нарушение чередования атомных плоскостей.

После проведения термической обработки латунной гильзы осуществлялся рентгенофазовый анализ (РФА) гильзы и проводилась сравнение с данными в наклепанном состоянии. Дифрактограммы рентгенофазового анализа приведены на рисунке 5.

По полученным результатам видно, что уширение пиков после наклепа свидетельствует об увеличении количества дефектов кристаллической решетки, в основном дислокаций и дислокационных стенок. Кроме того, уширению могут способствовать наличие микронапряжений, а также блоки когерентного рассеяния, вызывающие деформационное искажение кристаллической решетки. После отжига наблюдается значительный рост пиков. Увеличение интенсивности связано с ростом частиц кристаллической фазы.

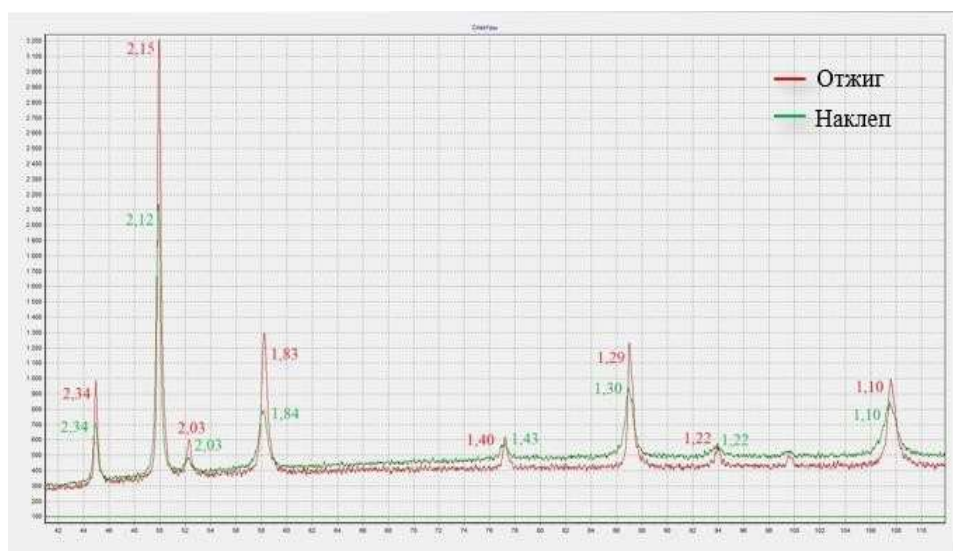
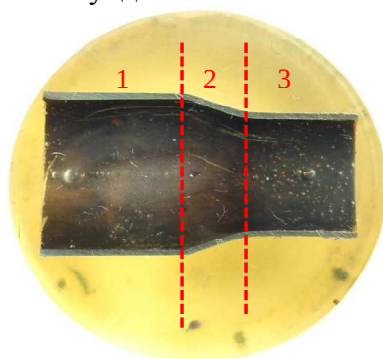


Рис. 5. Наложение дифрактограмм после наклепа и отжига

Измерения микротвердости контролировались в областях шейки, дульца и тела (рис. 6) гильзы по методу Виккерса с помощью микротвердомера «ПМТ-3». При этом твердость гильзы в неоттоженном состоянии составляет порядка 155 HV. Для достоверности замеры микротвёрдости осуществлялись в количестве 5-ти раз в каждой зоне гильзы (рис. 6). По усредненным данным построен график зависимости изменения микротвердости различных областей латунной гильзы от времени отжига (рис. 7). Анализируя полученные данные, можно отметить, что минимальные значения твердости характерны для области дульца. Следовательно, область дульца характеризуется наибольшей пластичностью. При этом твердость в области тела остается достаточной для предотвращения разупрочнения гильзы при дальнейшей эксплуатации. Учитывая, что при многократном использовании гильзы ее прочность в области дульца увеличивается, то оптимальный режим отжига соответствует условию, при котором микротвердость достигает минимального значения. В рассматриваемом случае оптимальным режимом отжига латунной гильзы является нагрев в течение 6 секунд.



1 – тело; 2 – шейка; 3 – дульце

Рис. 6. Зоны определения микротвердости гильзы

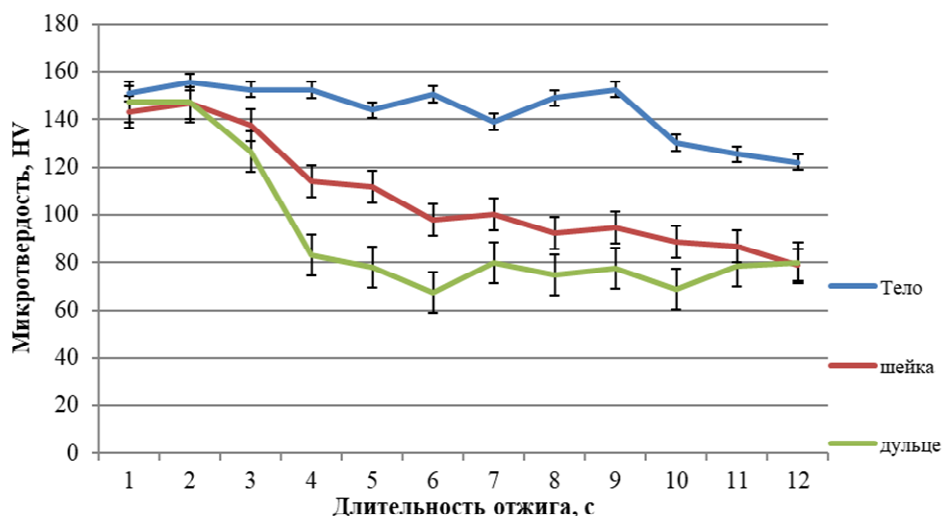


Рис. 7. Зависимость микротвердости различных областей латунной гильзы от времени отжига

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что основным решением по восстановлению пластичности бывшей в употреблении гильзы является применение отжига. Отжиг в индукционной установке позволяет нагревать дульце и шейку гильзы, не приводя к разупрочнению тела гильзы. Правильно подобранный режим отжига гильз позволяет предотвратить растрескивание и разрушение гильзы, делая возможным процесс релоадинга в заводских условиях.

Список литературы

1. Абдулин К.А. Самостоятельное снаряжение патронов для спортивного и охотничьего длинноствольного оружия с нарезным стволом: пособие для начинающих. – М.: Бухгалтерия и банки, 2019. – 59 с.
2. Pantazopoulos G. Characterization of the microstructural aspects of machinable ap-phase brass / G. Pantazopoulos, A. Vazdirvanidis // Microscopy and analysis. – 2008. – P. 13-16.
3. Смирнов С.В. Исследование пластической деформации сложнолегированной латуни / С.В. Смирнов, Н.Б. Пугачева, А.Н. Солошенко, А.В. Тропотов // Физика металлов и материаловедение. – 2002. – Т. 93, № 6. – С.91-100.
4. Колачев Б.А. Технология термической обработки цветных металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1992. – 272 с.

References

1. Abdulin K.A. Independent equipment of cartridges for sporting and hunting long-barreled weapons with a rifled barrel: a guide for beginners. – M.: Accounting and banks, 2019. – 59 p.

2. Pantazopoulos G. Characterization of the microstructural aspects of machinable ap-phase brass / G. Pantazopoulos, A. Vazdirvanidis // Microscopy and analysis. – 2008. – P. 13-16.
3. Smirnov S.V. Research of plastic deformation of complex alloyed brass / S. V. Smirnov, N.B. Pugacheva, A.N. Soloshenko, A.V. Tropotov // Physics of metals and materials science. – 2002. – Vol. 93, № 6. – P. 91-100.
4. Kolachev B.A. Heat treatment technology for non-ferrous metals and alloys. – М.: Metallurgy, 1992. – 272 p.

Сургаева Екатерина Сергеевна – магистрант	Surgaeva Ekaterina Sergeevna – Master's student
Юдин Павел Евгеньевич – кандидат технических наук, ассистент кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы»	Yudin Pavel Evgenievich – candidate of technical sciences, assistant of Department “Metal Science, Powder Metallurgy, Nanomaterials”
Якубович Ефим Абрамович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы»	Yakubovich Efim Abramovich – candidate of technical science, professor of Department “Metal Science, Powder Metallurgy, Nanomaterials”
Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия	Samara state technical university, Samara, Russia

Received 28.11.2020