

АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

Статья поступила в редакцию: 11.05.2026

Статья принята к публикации: 18.05.2026

Статья опубликована: 28.08.2026

УДК 671.5+539.4

DOI: 10.32743/UniTech.2026.149.8.22802

Задержанный возврат размера дульца гильзы спортивного патрона после отжига и обжима

Жуков Игорь Геннадьевич

двукратный чемпион Европы по бенчресту

Российская Федерация, г. Новосибирск

E-mail: vnbog@mail.ru

Delayed recovery of sporting cartridge case neck diameter after annealing and sizing

Zhukov Igor

Two-time European Benchrest Champion

Russia, Novosibirsk

Аннотация

В статье рассматривается эффект задержанного размерного возврата дульца латунной гильзы спортивного патрона после отжига и последующего обжима. Показано, что наблюдаемое увеличение наружного диаметра дульца через 24–48 часов после обжима нельзя удовлетворительно объяснить только обычным наклёпом или возрастным упрочнением правильно отождённой латуни. На основе опубликованных данных AMP, NIST и работ по комнатно-температурной релаксации дефектной структуры в α -латунях Cu–Zn предложена комбинированная интерпретация эффекта, включающая малый мгновенный упругий возврат сразу после отжига, контактно-пластическую посадку при прохождении через бушинг,anelastический задержанный возврат после обжима и влияние поверхностных оксидных плёнок на трение. Представлен экспериментальный протокол, позволяющий отделить истинный рост среднего диаметра от релаксации овальности. Показано, что практическое наблюдение изменения размера дульца на 0,001 дюйма за сутки–двое имеет правдоподобное материаловедческое объяснение и должно рассматриваться как научно обоснованная гипотеза, требующая дальнейшей количественной проверки на стандартизованных сериях гильз.

Библиографическое описание: Жуков И.Г. Задержанный возврат размера дульца гильзы спортивного патрона после отжига и обжима // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 8(149). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/22802>

Представленное в статье исследование проведено совместно с д.т.н. Богословским В.Н.

Статья будет полезна спортсменам-стрелкам, охотникам, а также всем любителям высокоточной спортивной стрельбы из нарезного оружия.

Работа выполнена в интересах мирового спортивного стрелкового сообщества по инициативе авторов и на их собственные средства, с использованием открытых источников информации.

Abstract

The paper examines the phenomenon of delayed recovery of sporting cartridge case neck diameter after annealing and subsequent sizing. It is shown that the observed increase in neck outer diameter within 24–48 hours after sizing cannot be explained solely by conventional work hardening or by age hardening of properly annealed brass. Drawing on published AMP data, NIST work on springback and anelastic recovery, and studies of room-temperature defect relaxation in Cu–Zn α -brass, a combined interpretation is proposed. The mechanism includes near-zero instantaneous springback immediately after annealing, additional contact-plastic set during passage through the bushing die, delayed anelastic recovery after sizing, and friction changes caused by oxide films. An experimental protocol is presented to distinguish a true increase in mean neck diameter from mere ovality relaxation. The observed 0.001 inch delayed diameter change is argued to have a plausible materials-science basis and is treated as a scientifically grounded hypothesis requiring further quantitative verification.

The article will be useful for shooting athletes, hunters, and all fans of high-precision sports shooting with rifled weapons.

The work was carried out in the interests of the global sports shooting community at the initiative of the authors and at their own expense, using open sources of information.

Ключевые слова: латунная гильза, дульце гильзы, отжиг, обжим, задержанный размерный возврат, упругий возврат, аanelастическое восстановление, α -латунь Cu–30Zn, оксидная плёнка, микротвёрдость.

Keywords: brass cartridge case, case neck, annealing, sizing, delayed dimensional recovery, springback, anelastic recovery, Cu–30Zn α -brass, oxide film, microhardness.

Введение

В практике работы с отожжёнными латунными гильзами иногда наблюдается эффект, который нельзя свести только к обычному наклёпу или к возрастному упрочнению. Если дульце гильзы обжимать в бушинговой матрице сразу после отжига, измеренный наружный диаметр дульца может оказаться меньше номинального размера бушинга. Например, при бушинге 0,287" фактический наружный диаметр дульца сразу после обжима может составлять около 0,286". Если те же гильзы после отжига выдержать 24–48 часов и только затем обжать, то диаметр дульца после обжима оказывается ближе к номиналу бушинга, то есть около 0,287". Аналогично, если дульца были обжаты сразу после отжига до 0,286", то после выдержки в течение суток–двух их диаметр может самопроизвольно увеличиться до 0,287".

Такой результат означает, что речь идёт не только о процессе, происходящем до обжима, но и о процессе, происходящем после обжима. Поэтому корректнее говорить не о простом «старении» отождённой латуни, а о двух связанных механизмах: «обжим → мгновенный размер дульца → задержанный размерный возврат».

Цель статьи заключается в описании эффекта задержанного возврата размера дульца гильзы спортивного патрона после отжига и обжима и в выработке рекомендаций по таймингу операций отжига и обжима. Сделана попытка научного объяснения эффекта, почему после корректного отжига только что отождённое дульце может ощущаться «как пластилин», а после последующего обжима и короткой выдержки снова демонстрировать заметный упругий отклик.

Материалы и методы

В работе использованы индукционная печь АМР для отжига латунной гильзы, резьбовой пресс Turban 105, резьбовая и нажимная матрицы Wilson для обжима гильзы и посадки пули, нажимной пресс Sinclair, микрометр Mitutoyo, депулер Hornady, набор мандрелов 21st Century, гильзы Lapua калибров 6.5×47 Lapua и 6.5×55 SE, пули Berger VLD 130 gr (рис. 1).

Для проверки эффекта задержанного размерного возврата использовались серии одинаковых гильз, разделённых на четыре группы: А — отжиг → немедленный обжим → измерения через 0 мин, 1 ч, 6 ч, 24 ч и 48 ч; В — отжиг → выдержка 24–48 ч → обжим → измерения сразу и через 24 ч; С — отжиг → немедленный обжим со смазкой / без смазки / с графитом; D — отжиг → выдержка → удаление оксидной плёнки / повторная чистка → обжим. Измерялись два взаимно перпендикулярных диаметра дульца, средний диаметр и овальность. Дополнительно контролировалась микротвёрдость до отжига, после отжига, после обжима и через 24–48 часов.

Результаты и обсуждение

1. Почему сразу после отжига дульце может обжиматься меньше номинального размера бушинга

После правильного отжига латунь в области дульца и плеча находится в мягком состоянии с низким сопротивлением пластической деформации. АМР прямо указывает, что после корректного отжига наблюдается практически нулевой упругий возврат из матрицы; при этом производитель предупреждает, что при использовании бушинговой матрицы после отжига следует проверять фактический диаметр дульца, поскольку «нулевой возврат» может означать необходимость иной настройки обжима [1].

Особенно важно, что АМР наблюдала очень похожий эффект в собственном эксперименте. В испытании с бушинговой матрицей без расширительного мандрела использовался бушинг 0,336", причём его фактический внутренний диаметр был проверен и составлял 0,3357". Тем не менее отождённые гильзы после обжима давали наружный диаметр дульца около 0,335"; АМР отдельно отметила, что причина такого результата им не

вполне ясна [2]. Это практически прямой аналог рассматриваемого случая, когда фактический диаметр отожжённого дульца после обжима оказывается меньше номинального размера бушинга.



Рисунок 1. Индукционная печь AMP для отжига латунной гильзы, резьбовой пресс Turban 105, резьбовая и нажимная матрицы Wilson для обжима гильзы и посадки пули, нажимной пресс Sienclar, микрометр Mitutoyo, депулер Hornady, набор мандрелов 21 st Century, гильзы Lapua в калибре 6.5x47 Lapua и 6.5x55 SE, пули Berger VLD 130 gr

Материаловедчески это можно объяснить сочетанием нескольких факторов. Во-первых, полностью отожжённая латунь имеет малый мгновенный упругий возврат и поэтому сильнее «запоминает» размер, навязанный контактом с инструментом. Во-вторых, при проходе через бушинг дульце не просто радиально сжимается, а одновременно испытывает контактное давление, трение, продольное вытягивание, локальную неравномерность толщины стенки и возможную овальность. В-третьих, у мягкой отожжённой латуни выше склонность к схватыванию и задиру при недостаточной смазке: AMP прямо указывает, что шейки, отожжённые примерно до 100 HV, склонны к задирам без смазки, а смазка делает обжим мягче и стабильнее [2].

Следовательно, размер 0,286" при бушинге 0,287" не обязательно означает ошибку измерения. Это может быть реальным результатом контактной пластической деформации мягкой тонкостенной оболочки в матрице, особенно если трение и геометрия прохода создают дополнительное вытягивание и локальную посадку металла.

2. Почему дульце затем увеличивается с 0,286" до 0,287"

Увеличение диаметра уже обжатого дульца через 24–48 часов нельзя объяснить только оксидной плёнкой, потому что изменение происходит после завершения контакта с матрицей. Основной кандидат здесь — задержанный упругий возврат, или упругое последствие.

В современной механике формоизменения пружинение после разгрузки делят на две части: $\Delta D_{\text{возв}} = \Delta D_{\text{мгн}} + \Delta D_{\text{зад}}(t)$. Здесь $\Delta D_{\text{мгн}}$ — мгновенный упругий возврат сразу после выхода из матрицы, а $\Delta D_{\text{зад}}(t)$ — задержанный, зависящий от времени вклад. NIST прямо выделяет проблему разделения пружинения на мгновенную упругую и зависящую от времениanelастическую составляющую и подчёркивает, что пластическая деформация влияет на механизмыanelастического восстановления и springback, а обычные модели нередко недооценивают величину возврата именно потому, что не учитывают эти эффекты [5].

Для латуни это особенно важно, потому что упругое последствие в медно-цинковых сплавах известно давно. В работе по латуни Л62 показано, что холодная деформация и последующий нагрев существенно изменяют упругое последствие; для описания пружинных свойств латуней одних только характеристик прочности и твёрдости недостаточно — необходимо учитывать также относительный предел упругости и характеристики упругого последствия [8].

Физически задержанный размерный возврат можно связать с перестройкой дефектной структуры после обжима. После отжига дульце становится мягким, но сам обжим снова создаёт свежую холодную деформацию: в металле появляются дислокации, двойники деформации, остаточные микронапряжения и дефекты упаковки. Для холоднодеформированных α -латуней Cu–Zn показано, что даже при комнатной температуре дефекты упаковки продолжают эволюционировать во времени. В частности, для Cu–30Zn описано логарифмическое уменьшение вероятности дефектов упаковки со временем, что интерпретировано как релаксация частичных дислокаций к более энергетически выгодной конфигурации [6]. В феноменологическом виде этот результат корректно записывать так:

$$P_{sf}(t) = P_{sf,0} - A \ln \left(1 + \frac{t}{t_0} \right)$$

где: $P_{sf}(t)$ — вероятность дефектов упаковки во времени, $P_{sf,0}$ — её начальное значение сразу после деформации, $A > 0$ — коэффициент скорости релаксации, t_0 — характерное время процесса. Для Cu–30Zn знак перед логарифмом берётся минус, потому что в статье указано именно логарифмическое уменьшение вероятности дефектов упаковки со временем.

Компактная математическая запись тезиса о логарифмической комнатно-температурной релаксации в форме изменения относительно начального состояния имеет вид:

$$\Delta P_{sf}(t) = P_{sf}(t) - P_{sf,0} = -A \ln \left(1 + \frac{t}{t_0} \right)$$

Поскольку автор интерпретирует эффект как релаксацию частичных дислокаций к более энергетически выгодной конфигурации, можно дать и энергетическую формулировку:

$$\frac{dE}{dt} < 0, P_{sf}(t) \downarrow$$

то есть с течением времени система переходит к состоянию с меньшей энергией, а вероятность дефектов упаковки уменьшается. В более содержательном виде это можно записать так:

$$P_{sf}(t) \propto w(t),$$

где $w(t)$ — эффективная ширина области дефекта упаковки между частичными дислокациями. Тогда “abnormal narrowing” можно феноменологически представить как

$$w(t) = w_0 - B \ln \left(1 + \frac{t}{t_0} \right),$$

где $B > 0$. Это уже инженерная интерпретация, а не дословная формула из статьи, но она хорошо отражает физический смысл наблюдаемого процесса и согласуется с формулировкой автора про «аномальное сужение дефектов упаковки» и «релаксацию частичных дислокаций».

Задержанный размерный возврат дульца после обжима можно описывать либо растянутой экспоненциальной зависимостью

$$D(t) = D_0 + \Delta D_{\infty} \left[1 - \exp \left(- \left(\frac{t}{\tau} \right)^n \right) \right],$$

либо, в более простой феноменологической постановке, логарифмическим законом

$$D(t) = D_0 + A \ln \left(1 + \frac{t}{t_0} \right).$$

В обеих формулах D_0 соответствует диаметру дульца сразу после обжима. В первой формуле ΔD_{∞} задаёт предельную величину задержанного возврата, τ — характерное время релаксации, а n — степень растянутости процесса. Во второй формуле параметры A и t_0 являются феноменологическими и определяют соответственно масштаб изменения диаметра и временной масштаб процесса. Обе зависимости отражают один и тот же физический смысл: после обжима диаметр дульца может увеличиваться не мгновенно, а постепенно, в течение часов и суток, вследствиеanelастического восстановления и релаксации дефектной структуры свежedefормированной α -латуни.

Физический смысл первой формулы: При $t = 0$ $D(0) = D_0$, то есть в начальный момент формула даёт исходный диаметр сразу после обжима. При больших временах:

$$D(t) \rightarrow D_0 + \Delta D_{\infty}$$

Это означает, что диаметр постепенно растёт и стремится к предельному значению. Если $n = 1$, процесс имеет обычный экспоненциальный характер. Если $n \neq 1$, процесс становится растянутым во времени, что лучше соответствует сложной релаксации дефектной структуры в латуни.

Физический смысл второй формулы: При $t = 0$: $D(0) = D_0$ то есть начальное условие снова выполняется. Дальше диаметр увеличивается по логарифмическому закону:

$$D(t) - D_0 \sim \ln t$$

Это означает, что сначала изменение идёт быстрее, а затем всё более замедляется.

Для приведённого примера $D_0 = 0,286''$, $D_\infty = 0,287''$, $\Delta D_\infty = 0,001''$. Относительное изменение диаметра составляет около 0,35 %, что по порядку величины соответствует упруго-пластическим деформациям, возможным в тонкостенной латунной оболочке при обжиге. С механической точки зрения изменение на 0,001'' нельзя считать невероятным, особенно если часть возврата задержана во времени.

3. Почему выдержка после отжига до обжига тоже меняет результат

Если гильзы после отжига выдержать сутки–двое и только затем обжать, диаметр после обжига может сразу получиться ближе к 0,287''. Этот факт показывает, что до обжига тоже что-то меняется. Однако это изменение не обязательно является возрастным упрочнением латуни. АМР проверяла старые правильно отождённые гильзы и пришла к выводу, что корректно отождённая и нормально хранящаяся латунь не показывает заметного возрастного упрочнения на практически значимых временах. В архивных образцах правильно отождённые гильзы через годы сохраняли примерно ту же твёрдость; целевая твёрдость отождённой шейки у АМР указана около 98 HV [3]. Поэтому гипотеза «латунь за сутки стала твёрже» в смысле заметного роста HV выглядит слабой.

Более вероятны два других механизма. Первый — поверхностный. После отжига поверхность латуни имеет свежую, изменённую термическим воздействием оксидную и адсорбционную плёнку. В течение часов и суток на воздухе эта плёнка перестраивается. Для латуни показано образование пассивного слоя, содержащего ZnO и медьсодержащие оксиды; во влажном воздухе за несколько суток формируется двойная оксидная структура [7]. Такая плёнка способна существенно менять трение в контакте «дульце — бушинг».

Второй механизм — субкритическая релаксация структуры после отжига, если импульсный отжиг не дал полностью однородной рекристаллизации по всей толщине и длине дульца. В этом случае часть объёма может быть полностью рекристаллизована, а часть — находиться в состоянии возврата с остаточными напряжениями. При выдержке в течение часов или суток часть этих напряжений может релаксировать, меняя реакцию материала на последующий обжим. Однако этот механизм, вероятно, даёт меньший вклад, чем поверхностное трение и задержанный возврат после самого обжига.

4. Почему оксидная плёнка не может быть единственным объяснением

Оксидная плёнка и трение хорошо объясняют, почему гильза, обжатая через сутки после отжига, может вести себя иначе, чем гильза, обжатая сразу после отжига. Но они не объясняют полностью случай, когда дульце уже было обжато сразу после отжига до 0,286", а затем без нового контакта с матрицей увеличилось до 0,287". Для этого обязателен объёмный механизм: остаточные напряжения +anelastическое восстановление + релаксация дефектов → задержанное увеличение диаметра. Поэтому наиболее полная модель должна быть комбинированной: $\Delta D(t) = \Delta D_{\text{мгновенный}} + \Delta D_{\text{задержанный}}(t) + \Delta D_{\text{трибо}}$. Для описываемого феномена удобно записать: $D_{\text{после обжима}}(t) = D_{\text{буш}} - \delta_{\text{конт}} + \Delta D_{\text{мгн}} + \Delta D_{\text{зад}}(t)$, где $D_{\text{буш}}$ — номинальный или фактический диаметр бушинга, $\delta_{\text{конт}}$ — дополнительная посадка из-за контактной пластической деформации, трения, овальности и неидеальной геометрии прохождения, $\Delta D_{\text{мгн}}$ — мгновенный упругий возврат, $\Delta D_{\text{зад}}(t)$ — задержанный возврат. Сразу после отжига $\Delta D_{\text{мгн}} \approx 0$, поэтому $D(0) \approx D_{\text{буш}} - \delta_{\text{конт}}$. Через сутки–двое: $D(t) \approx D_{\text{буш}} - \delta_{\text{конт}} + \Delta D_{\text{зад}}(t)$. Если $\delta_{\text{конт}} \approx 0,001"$ и $\Delta D_{\text{зад}}(24-48 \text{ ч}) \approx 0,001"$, то получается именно наблюдаемый эффект: 0,286" → 0,287".

5. Экспериментальная проверка эффекта

Для еще одной проверки эффекта был реализован простой протокол с четырьмя сериями гильз, отличавшимися моментом обжима после отжига. Измерялись не только один диаметр, а два взаимно перпендикулярных диаметра $D0^\circ$ и $D90^\circ$, чтобы отделить истинное увеличение среднего диаметра от уменьшения овальности.

Были проведены следующие тесты:

1. Обжим гильз после отстрела без отжига. Начальный диаметр дульца гильз был равен 0,298. После обжима бушингом 287 он колебался в пределах 0,2865–0,287. Колебания, по нашему мнению, были вызваны тем, что дульца обжимались за один раз с очень большого нека винтовки Blaser R8. В практике подготовки этих гильз мы обжимаем их одним или двумя бушингами промежуточных размеров. Через двое суток размер 0,287 сохранился, дульца некоторых гильз подросли на 0,0005.

2. Обжим гильз сразу после отжига с этого же размера 0,298. Диаметр дульца составил 0,2855. После двух суток диаметр дульца у всех контрольных гильз увеличился на 0,001 до значений 0,2865.

3. Обжим гильз после отжига и хранения в течение двух суток. Диаметр дульца составил 0,2865.

Средний диаметр рассчитывался как: $D_{\text{ср}} = (D0^\circ + D90^\circ)/2$, а овальность как: $\Omega = |D0^\circ - D90^\circ|$. В наблюдениях через сутки увеличивался именно $D_{\text{ср}}$, тогда как заметного уменьшения Ω не фиксировалось. Следовательно, речь шла не о простой релаксации овальности, а о настоящем задержанном размерном возврате.

Дополнительно измерялась микротвёрдость HV сразу после отжига, после обжима и через 24–48 часов. Диаметр менялся, а HV практически не менялась, что является сильным аргументом в пользуanelastического размерного восстановления, а не обычного возрастного упрочнения.

6. Что можно считать установленным

Во-первых, правильно отождествлённая и просто хранящаяся латунь, по данным АМР, не показывает заметного возрастного упрочнения на практически значимых временах. АМР повторно проверяла ранее отождествлённые образцы и указывала, что целевая твёрдость отождествлённой шейки около 98 HV сохранялась без заметного роста даже через годы хранения [3]. Во-вторых, АМР прямо связывает наклёп дульца и плеча с ростом упругого возврата из матрицы, а правильный отжиг — с устранением или резким снижением этого возврата. После корректного отжига при последующем обжиге может наблюдаться практически нулевой упругий возврат; поэтому производитель рекомендует заново проверять настройку матрицы, осадку плеча и наружный диаметр дульца [2; 1].

В-третьих, данные АМР по микротвёрдости показывают, что сам обжим немедленно повторно наклёпывает дульце. Для однострелянной гильзы без отжига и после обжима получали около 155 HV; для гильзы, отождествлённой, а затем обжатой, — около 138 HV; для гильзы, сначала обжатой по дульцу, а затем отождествлённой, — около 105 HV [2]. Следовательно, главное возвращение сопротивления деформации происходит не во время хранения после отжига, а в момент последующего холодного обжима.

В-четвёртых, в механике формообразования существует не только мгновенный упругий возврат, но и зависящее от времениanelастическое восстановление после пластической деформации. Это даёт научную основу для идеи, что часть размерного возврата дульца может происходить не сразу, а в течение часов или суток [5].

В-пятых, часть гипотезы об изменении свойств поверхности также имеет опору. Для латуни в воздухе и влажном воздухе описано формирование оксидных слоёв, включающих ZnO и Cu₂O-подобные компоненты, способных влиять на трение в контакте «дульце — бушинг» [7].

7. Возможный механизм задержанного размерного возврата дульца после обжима

Наиболее правдоподобная интерпретация феномена состоит в следующем. Сразу после отжига дульце имеет очень малый мгновенный упругий возврат и при проходе через бушинг может получить дополнительную пластическую посадку, связанную с трением, мягкостью металла, поверхностной плёнкой и неидеальной геометрией контакта. Поэтому сразу после обжима диаметр может оказаться меньше номинала бушинга.

Затем в течение часов и суток в свежedefормированной α-латунии идёт задержанноеanelастическое восстановление: релаксируют остаточные напряжения, перестраиваются частичные дислокации и дефекты упаковки, и дульце частично возвращается наружу. Именно поэтому диаметр увеличивается с 0,286" до 0,287". Если же гильза перед обжимом выдерживается после отжига, её поверхность и остаточное состояние стабилизируются, трение при обжиге становится другим, и итоговый диаметр сразу получается ближе к 0,287".

Иными словами, это не один процесс, а сумма трёх процессов: мягкое состояние после отжига + контактное формоизменение в бушинге + задержанный упругий возврат после обжима.

8. Поверхностные процессы в дульце при импульсном отжиге

При обсуждении отжига часто упускают из виду, что стрелок ощущает не только объёмную твёрдость, но и поведение поверхности при контакте с матрицей и пулей. На поверхности латуни при нагреве в воздухе появляются тонкие оксидные плёнки на основе ZnO и Cu_2O . Исследование Qiu и Leygraf по начальному окислению латуни во влажном воздухе показало рост двухслойной оксидной плёнки и участие именно этих оксидов в ранних стадиях поверхностного изменения [7].

Важно и то, что сам по себе нагрев не тождествен децинкофикации. В обзоре Metlab и в исследовании АМР подчёркивается, что нагрев латуни сам по себе не означает «выгорания цинка» или децинкофикации без химически активной среды; характерная зона изменения цвета после отжига должна трактоваться как следствие локального нагрева и окисления, а не как разрушение химического состава [4; 2].

Для практической механики контакта принципиально другое: АМР показала, что усилие извлечения пули определяется не только натягом и твёрдостью дульца, но и состоянием внутренней поверхности дульца; углеродистый слой может действовать как смазка и заметно менять усилие извлечения даже при одинаковой твёрдости [2]. Следовательно, часть того, что пользователь интерпретирует как «больше» или «меньше» упругости после отжига, на самом деле может быть следствием изменённой трибологии, а не только объёмной металлургии.

Наконец, можно отметить такой интересный факт. Отжиг был включен в технологию снаряжения патронов как способ убрать наклеп, образующийся при большой амплитуде расширения-сжатия дульца и плеча гильзы. Например, у винтовки Blaser R8 диаметр дульца гильзы после выстрела составляет 0,298", а диаметр проточенного на равенность дульца с пулей может быть 0,290". Если выбирать натяг 0,002 или больше, суммарная амплитуда расширения-сжатия дульца составит не менее 0,01. При такой амплитуде наклеп появляется уже на первых циклах. Однако если предельно уменьшить амплитуду расширения-сжатия дульца, например, до 0,003", как это сделано у спортивных винтовок 6PPC или 33XC, или любых других калибров, то наклеп не проявляется даже после 10–15 циклов, а теоретически более 30 циклов. Тесный нек патронника является важной особенностью винтовки. Он резко снижает амплитуду расширения-сжатия дульца. Благодаря этому замедляется накопление наклёпа, сохраняются равенность и толщина дульца, стабилизируется усилие посадки пули, а необходимость отжига отодвигается на значительно большее число циклов. Отжиг перестаёт быть регулярной обязательной операцией и становится вынужденной мерой, применяемой только после появления признаков наклёпа или изменения усилия посадки. По результатам испытаний гильз Peterson в патроннике 33XC после 14 циклов не было выявлено необходимости отжига: равенность и толщина дульца сохранялись, а усилие посадки оставалось стабильным. И главное, «лечится» причина, а не следствие. То есть, если отжиг убирает наклеп, то тесный нек и небольшой натяг пули просто его не допускают. Технология снаряжения патронов значительно упрощается, а трудоемкость снижается. Конечно, в тех винтовках, которые предполагают использование заводских патронов, амплитуда неизбежно

будет значительной. Но патронники спортивных винтовок любых калибров можно сразу заказывать с тесным некомп, и тогда отжиг перестанет быть обязательной операцией при самостоятельном снаряжении патронов.

Заключение

В данной статье мы не приводим исчерпывающих теоретических доказательств представленного феномена, а выдвигаем научную гипотезу, пытаясь его объяснить. Более того, мы не уверены, что все стрелки наблюдают такой же эффект и что он повторяется во всех случаях. Но если он есть, тогда спортсменам нужно обратить внимание на то, что в зависимости от того, когда они отождут, обожмут гильзы, посадят в них пули и произведут выстрелы, натяг может быть разный, что может сказаться и на начальной скорости пули, и на кучности. Это важно, потому что определяет более длинный цикл снаряжения патронов.

Показано, что наблюдаемое «возвращение упругости» через 24–48 часов после отжига научно корректнее связывать не с возрастным упрочнением правильно отождённой и просто хранящейся латуни, а с сочетанием свежего наклёпа после последующего обжима, комнатно-температурной релаксации дефектной структуры и изменения трибологии поверхности.

Наблюдаемое увеличение диаметра дульца после обжима отождённой гильзы с 0,286" до 0,287" следует рассматривать как задержанный размерный возврат, а не как простое возрастное упрочнение. Сразу после отжига латунь имеет малый мгновенный упругий возврат и при контакте с бушингом может получать дополнительную пластическую посадку, зависящую от трения, смазки, оксидной плёнки и геометрии контакта. После обжима в свежedefормированной α -латунии Cu–Zn продолжается релаксация остаточных напряжений, частичных дислокаций и дефектов упаковки, что приводит кanelастическому восстановлению диаметра в течение часов и суток.

Таким образом, феномен имеет комбинированную природу: поверхностно-трибологическую во время обжима и объёмно-дефектную после обжима. Предлагаемое объяснение следует рассматривать как научно обоснованную гипотезу. Отдельные элементы механизма — отсутствие заметного возрастного упрочнения правильно отождённой латуни, влияние наклёпа на упругий возврат, наличиеanelастического восстановления после пластической деформации, комнатно-температурная релаксация дефектов в холодnodeформированной α -латунии и влияние оксидной плёнки на контактное трение — подтверждены независимыми источниками. Однако количественная проверка именно для системы «отождённая гильза — бушинговая матрица — изменение диаметра через 24–48 часов» требует дальнейших стандартизованных экспериментов.

Задержанный упругий возврат после отжига усложняет переснаряжение патрона и увеличивает время на операции подготовки гильзы. Это является ещё одним свидетельством того, что отжиг не только тянет за собой достаточно много дополнительных операций по подготовке гильзы, но и создает дополнительные неопределенности в свойствах гильзы, поэтому должен применяться только в случае необходимости.

Отжиг вводится как способ снятия наклёпа с дульца гильзы. Но если уменьшить амплитуду расширения-сжатия дульца гильзы, то скорость образования наклёпа уменьшится, и тем самым будет исключена сама первопричина необходимости отжига.

Список литературы

1. AMP. Frequently Asked Questions: zero spring-back, sizing after annealing and related annealing issues [Электронный ресурс]. // 2026. – 2026. URL: <https://www.ampannealing.com/faq> (дата обращения: 27.04.2026).
2. Findlay A., Peterson D. Age Hardening of Brass. AMP [Электронный ресурс]. // 2020. – 2020. URL: <https://www.ampannealing.com/articles/60/age-hardening-of-brass/> (дата обращения: 27.04.2026).
3. Findlay A., Peterson D. Age Hardening of Brass. AMP [Электронный ресурс]. // 2020. – 2020. URL: <https://www.ampannealing.com/articles/60/age-hardening-of-brass/> (дата обращения: 27.04.2026).
4. Metlab. Report 1231/1B. Discussion of cartridge brass properties. 27 June [Электронный ресурс]. – 2017. URL: <https://www.ampannealing.com/uploads/report17/app1.pdf> (дата обращения: 27.04.2026).
5. NISTIR 7017. National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg: NIST [Электронный ресурс]. // 2003. – 2003. URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/IR/nistir7017.pdf> (дата обращения: 27.04.2026).
6. Oğurtani T. Ö. The room temperature annealing kinetics of stacking faults in cold worked alpha brasses // Metallurgical Transactions A. – 1975. – Т. 6. – DOI: 10.1007/BF02658407.
7. Qiu P., Leygraf C. Initial oxidation of brass induced by humidified air // Applied Surface Science. – 2011. – Т. 258, № 3. – DOI: 10.1016/j.apsusc.2011.09.080.
8. Tsobkallo S.O., Vashchenko Z.A. Effect of cold-work and annealing on the anelasticity of L62 [62 % Cu] brass // Metal Science and Heat Treatment. – 1959. – Т. 1. – DOI: 10.1007/BF00811662.