ORES

Научно-практический электронный журнал
**Оригинальные исследования (ОРИС)**, *ISSN 2222-0402*
www.ores.su
original-research.ru

**УДК 514**

# ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ БОЛТОВ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЧНОСТЬ РАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

**Синицын Сергей Александрович,**
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Теоретическая и прикладная механика» Российского университета транспорта (РУТ(МИИТ))

**Гусарова Ольга Федоровна,**
Старший преподаватель кафедры «Теоретическая и прикладная механика» Российского университета транспорта (РУТ(МИИТ))

**Аннотация**

При создании современных образцов новой техники часто приходится сталкиваться с проблемой превышения весовых характеристик, указанных в техническом задании. Задача уменьшения веса может быть решена не только изменением конструкции самого изделия, но и заменой стандартных деталей, например, болтов на оригинальные, выполненные по технологиям с учетом рациональных конструкций, обеспечивающих заданную прочность при меньшем весе. Такие конструкции болтов и технологии их изготовления рассмотрены в этой статье, где приведены готовые конструктивные решения с характеристиками прочности деталей, а также рекомендациями применения разъемных соединений, работающих на растяжение с предварительным натяжением.

**Ключевые слова:** прочность болтовых соединений, различные технологии получения резьбы и технологических заготовок, влияние технологии изготовления и конструкции болта на его прочность, рекомендации по выбору облегченных конструкций болтов.

# FEATURES OF BOLT MANUFACTURING TECHNOLOGIES AND DIFFERENT DESIGNS AFFECTING THE STRENGTH OF DETACHABLE JOINTS

**Sinitsyn Sergey Alexandrovich,**
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department 'Theoretical and Applied Mechanics' Russian University of Transport (RUT(MIIT))

**Gusarova Olga Fedorovna,**
Senior Lecturer of the Department 'Theoretical and Applied Mechanics'
Russian University of Transport (RUT(MIIT))

ABSTRACT

When creating modern samples of new equipment, the problem of exceeding the weight specifications given in the technical assignment often arises. The task of reducing weight can be solved not only by changing the design of the product itself, but also by replacing standard parts with original ones made using technologies that consider rational designs, providing the required strength at a lower weight. This article looks at such bolt designs and manufacturing technologies, showing ready-made design solutions with the strength characteristics of such parts, as well as recommendations for their use in bolted connections under tension with pre-loading.

**Keywords:** strength of bolted connections, various technologies for obtaining threads and bolt blanks, the influence of manufacturing technology and bolt design on its strength, recommendations for choosing bolt designs.

Из технологии металлов известно, что при прокате стальной болванки (слитка) и при последующей вытяжке ее в прутки различных сечений и диаметров кристаллическая структура ее нарушается – кристаллы деформируются, удлиняются, что повышает прочность стали.

При этом следует иметь ввиду, что по периферии слитка всегда располагается более качественный металл, чем в середине его. Тоже имеет место и в стальном прутке: наружные его слои более качественны, чем внутренние.

Технологически резьбу любого типа можно выточить из прутка (рис.1, [1,с.25]), но при этом качественная, прочная часть металла уходит в стружку, в отходы, а из менее прочной средней зоны заготовки выполняется наиболее ответственная часть, например, стержень болта или какой-либо иной резьбовой детали. При таком изготовлении детали металл будет использоваться нерационально, а резьба получится пониженной прочности.

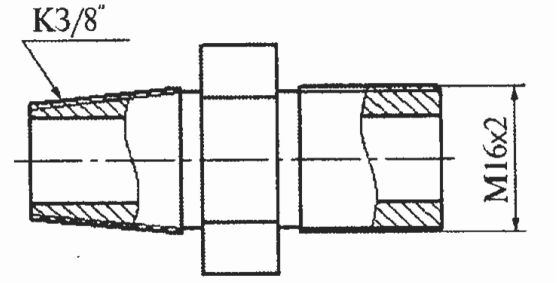



Рис.1.Влияние технологии резанья на прочность резьбы

Разумнее вовсе не срезать с прутка слой металла или срезать небольшой его слой, головку болта высаживать посредством штамповки. При этом следует отметить, что удлиненные, нитеобразные кристаллы наиболее прочного металла полностью используются, изгибаются в процессе формирования головки и повышают ее прочность на срез и на изгиб [2,с.29]. Из этого следует, что конструктор, придавая той или иной детали законченную форму, должен проанализировать строение металла заготовки и наиболее рационально это строение использовать при изготовлении детали.

Резьба на стержне болта может быть изготовлена посредством резьбонарезных плашек, а также резцом на винторезных станках. При нарезании резьбы металл отрывается от тела болта, создавая микроскопические трещины, которые часто являются причиной образования крупных трещин, приводящих к разрушению резьбовой детали. Кроме того, надо иметь ввиду, что наличие более толстой не нарезанной части стержня детали зачастую не только не упрочняет ее, а наоборот, снижает ее прочность. В то же время на эту не нарезанную часть стержня непроизводительно расходуется металл.

Более рациональным является способ накатки резьбы, сущность которого состоит в том, что между пластинами или роликами, имеющими выступы соответственно профилю резьбы, прокатывается стержень диаметром dср. При этом материал частично вдавливается, а частично выдавливается [2,с.29].

Накатка резьбы имеет следующие преимущества перед нарезкой:

- экономия металла за счет утоньшения стержня по всей длине;
- отсутствие отходов металла в стружку;
- отсутствие трещин, поскольку металл не отрывается, а уплотняется;
- прочность накатанной резьбы в 1,5 – 2 раза выше, чем у нарезанной.

Если болт нагрузить растягивающей силой и доводить его до разрушения, то разрушаться будет резьбовая часть болта. Это явление объясняется большей жесткостью не нарезанной части стержня, вследствие чего деформация при удлинении сосредоточивается на более коротком участке резьбы.

По экспериментальным данным болты с нарезанной резьбой разрываются:

60-65% - по витку в плоскости нажатия гайки на опорную поверхность;

20-25% - по сбегу резьбы;

10-25% - под головкой болта.

Прочность резьбы определяется распределением нагрузки в области контакта резьбовой пары (рис.2, [1,с.39]).осевая нагрузка распределяется по виткам резьбы неравномерно, что приводит к потере устойчивости и разрушению болта в центральной зоне его резьбовой части [3,с.40].

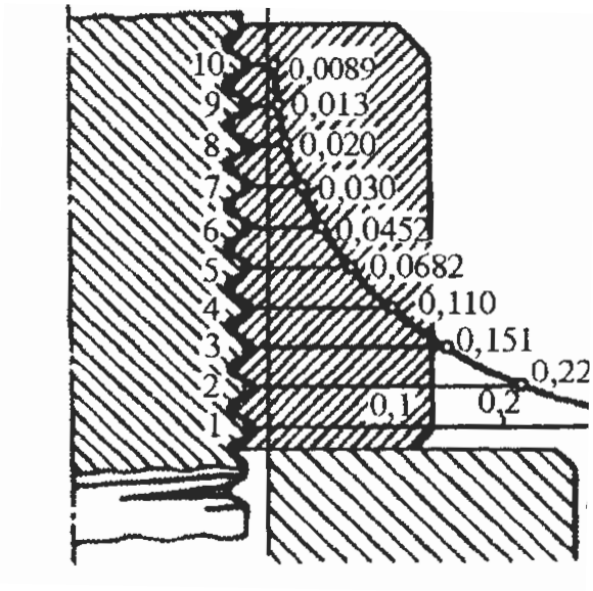



Рис.2.Схема распределения нагрузки в резьбовых парах

Схема распределения нагрузки по длине резьбы была рассчитана теоретически Н.Б. Жуковским и позже подтверждена результатами экспериментов.

В целях повышения прочности болтов стандартом предусмотрен постепенный сбег резьбы на гладком цилиндре (рис.3,а,[1,с.31]) или проточка в месте окончания резьбы. При динамических нагрузках проточка делается более длинной. При этом болт остается жестким, так как упругие деформации распределяются по всей длине проточки. В этом случае рекомендуется высота проточки $l \geq 0{,}5d0$ (рис.3,б).

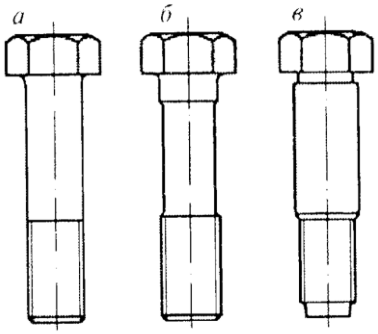



Рис.3. Влияние конструкции болта на его прочностные свойств

Если опорные поверхности головки болта и соединяемых поверхностей деталей перпендикулярны к оси болта, то лучше выполнять конструкцию согласно рисунку 5,в, где назначение небольшой проточки у головки болта обусловлено его конструктивными особенностями и не связано с прочностными свойствами. Также, иногда, делаются утолщения у головки и у резьбы или кольцевые утолщения для правильной установки болта в отверстиях деталей.

При сравнении работоспособности болтовых соединений различными типами болтов, нагруженных, растягивающей силой с предварительной затяжкой, были получены следующие результаты:

- прочность болта (рис.3,а) обычной конструкции для сравнения принята за единицу;
- коэффициенты повышения прочности болтов (рис.3,б,в) соответственно равны: 1,23 (б); 1,43 (в). При этом следует учитывать, что изменение конструкции болта существенно влияет на его прочность при различных характерах нагрузки. Так, например, работоспособность болта (в) при динамической нагрузке повышается в 7,68 раза по сравнению с болтом (а).

**Список литературы:**

1. Мицкевич В.Г. (под редакцией). Детали машин и основы конструирования. /уч. пос. Московский государственный университет путей сообщения. М. 2015. 114с.
2. Анфалов И.В. Расчет геометрии предварительно затянутого болтового комплекта под воздействием продольных и поперечных нагрузок. В сборнике: «Лучшие научные исследования студентов и учащихся», сборник статей V Международной научно-практической конференции. Пенза, 2023. С. 28-31.
3. Шепелева К.И. Расчет болтового соединения, нагруженного осевым усилием и скручивающим моментом. В сборнике: «Лучшие научные исследования студентов и учащихся», сборник статей V Международной научно-практической конференции. Пенза, 2023. С. 39-41.

**References:**

1. Mitskevich V.G. (ed.). Machine Details and Basics of Design. /textbook. Moscow State University of Railway Engineering. Moscow, 2015. 114 pages.
2. Anfalov I.V. Calculation of the Geometry of a Preloaded Bolt Assembly under Longitudinal and Transverse Loads. In the collection: "Best Scientific Research by Students," collection of articles from the 5th International Scientific and Practical Conference. Penza, 2023. pp. 28-31.

3. Shepeleva K.I. Calculation of a bolted joint subjected to axial force and torque. In the collection: 'Best Scientific Research of Students and Pupils', collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference. Penza, 2023. pp. 39-41.