# Рекомендации по гибке
# **Quend и Quard**

ВЕАР СЕРВИС™
Просто Надежно

# Рекомендации по гибке

## 1. Введение

Quard, износостойкая сталь, и Quend, сталь с высоким пределом текучести, рассчитаны на то, чтобы обеспечивать оптимальные характеристики при холодной формовке. Для обеспечения точного, качественного и безопасного выполнения гибки к стали предъявляются требования, относящиеся к чистоте, однородности свойств по толщине, качеству обработки поверхности, низким остаточным напряжениям и узким допускам по толщине.
При производстве сталей толщиной не более 8 мм особое внимание уделяется специализированному проектированию марок Quard и Quend, чтобы достигались отличные показатели гибки. Конкурентоспособные качества Quard и Quend, включая узкие допуски по толщине, превосходное качество обработки поверхности и плоскостность, обеспечивают возможность холодной формовки стали.

| | |
|---|---|
| Высокое качество обработки поверхности | **Более высокая устойчивость к растрескиванию:** уменьшает количество точек зарождения трещины вдоль линии изгиба |
| Узкие допуски по толщине | **Более высокая воспроизводимость:** обеспечивает постоянное упругое последействие при гибке |
| Плоскостность | **Более высокая воспроизводимость:** улучшает допуск на форму при гибке |

## 2. Гибка

Холодная формовка листовой стали включает в себя пластическую деформацию или растяжение поверхности листа на внешней растянутой стороне изгиба. Степень возможной пластической деформации без превышения предела прочности материала определяется минимальным радиусом изгиба, который может использоваться для конкретной операции.
Основные факторы, определяющие формовочные свойства стали, или способность к пластической деформации без разрушения, перечислены ниже в пунктах A–E.

### A. Тип стали:

Низкопрочная сталь обычно более пластична, чем высокопрочная, и поэтому способна изгибаться при меньших радиусах. Как правило, низкое содержание углерода является необходимым условием хороших формовочных свойств, поэтому возможность использовать обедненный состав для производства высокопрочной закаленной и отпущенной стали дает преимущество в отношении холодной формовки. Чем выше прочность стали и твердость, тем больше упругое последействие, усилие пуансона и требуемый радиус инструмента.

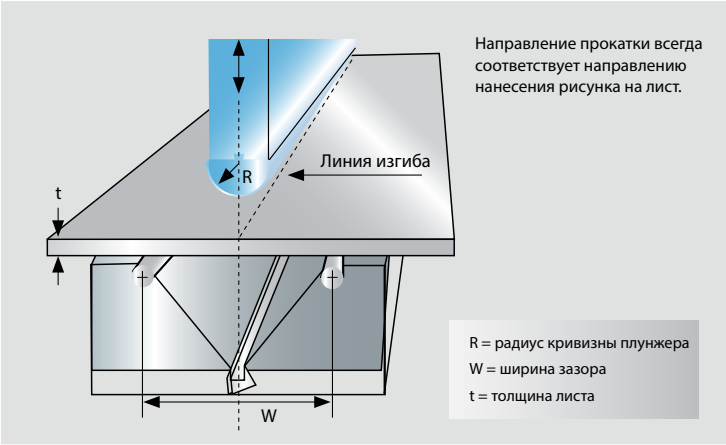
## B. Направление прокатки:

Вследствие технологии прокатки, применяемой в процессе изготовления листовой стали, свойства листов будут различаться в зависимости от ориентации относительно направления прокатки. При ориентации линии изгиба поперек прокатки свойства при изгибе улучшаются за счет более благоприятной ориентировки микроструктуры листа.

## C. Состояние кромки и поверхности листа:

Плохое качество кромок листа или плохое состояние поверхности вдоль линии изгиба может стать причиной появления точек зарождения трещины, ограничивая показатели качества гибки листа. По этой причине перед операцией гибки следует рассмотреть необходимость сглаживания и (или) удаления острых углов/кромок и расщепов на обрезных кромках, выемок, дроссов, образовавшихся на краях в результате газоплазменной резки, царапин и чешуек вторичной окалины вдоль линии изгиба. При гибке всегда располагайте поверхность кромки худшего качества с внутренней (сжимаемой) стороны листа.

Гибочный станок.




## D. Трение:

Для уменьшения трения между краями матрицы и листом рекомендуется снабдить матрицу свободно вращающимися стальными роликами. Дополнительно снизить трение можно за счет разбрызгивания смазочных материалов в контактных зонах между краями матрицы и листом.
Ширину канала матрицы следует приспособить для наилучшего выполнения операции гибки. При увеличении ширины канала матрицы возрастает упругое последействие, при этом изгибающее усилие уменьшится.

### E. Пуансон:

При гибке закаленной и отпущенной стали пуансон должен иметь радиус, равный или несколько больший заданного конечного радиуса формуемого листа.
Радиус инструмента следует выбирать таким образом, чтобы он точно соответствовал минимальному соотношению R/t, приведенному в числе рекомендаций по гибке Quard и Quend в таблицах 1 и 2.
Чтобы обеспечить надлежащий контакт между стальным листом и пуансоном в течение всей операции формования, радиус головки пуансона должен составлять 180°.

## Предупреждение

При холодном прессовании (формовании) высокопрочной закаленной и отпущенной стали используются очень большие усилия. Учитывая риск разрушения листа или поломки гибочного пресса, персонал, работающий поблизости от станка, всегда должен соблюдать правила техники безопасности, в соответствии с которыми во время операции гибки нельзя находиться слишком близко или стоять перед станком.

## 3. Рекомендации по выполнению гибки

### A. Радиус пуансона

Минимальный рекомендуемый радиус пуансона R (мм) при гибке под углом 90° в поперечном и продольном направлении по отношению к прокатке.

**Таблица 1.** Износостойкая сталь Quard.

| Толщина листа, мм | | Направление гибки отн. прокатки | Радиус изгиба, R (мм) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ≤ t | < | | Quard 400 | Quard 450 | |
| - | 8 | Поперечное<br>Продольное | 2.5 x t<br>3.0 x t | 3.5 x t<br>4.0 x t | 3.5 x t<br>4.5 x t |
| 8 | 20 | Поперечное<br>Продольное | 3.0 x t<br>4.0 x t | 4.0 x t<br>5.0 x t | 4.5 x t<br>5.0 x t |
| 20 | - | Поперечное<br>Продольное | 4.5 x t<br>5.0 x t | 5.0 x t<br>6.0 x t | 6.0 x t<br>7.0 x t |

**Таблица 2.** Сталь с высоким пределом текучести Quend.

| Толщина листа, мм | | Направление гибки отн. прокатки | Радиус изгиба, R (мм) | |
|---|---|---|---|---|
| ≤ t | < | | Quend 700 | Quend 900<br>Quend 960 |
| - | 8 | Поперечное<br>Продольное | 1,5 x t<br>2,0 x t | 2,5 x t<br>3,0 x t |
| 8 | 20 | Поперечное<br>Продольное | 2,0 x t<br>3,0 x t | 3,0 x t<br>4,0 x t |
| 20 | - | Поперечное<br>Продольное | 3,0 x t<br>4,0 x t | 4,0 x t<br>5,0 x t |

## B. Канал матрицы

Рекомендуемый канал матрицы (соотношение W/t) при гибке сталей Quard и Quend должен оставаться в пределах указанных в таблицах ниже.

**Таблица 3.** Износостойкая сталь Quard.

| Толщина листа, мм | | Направление гибки отн. прокатки | Канал матрицы, W/t | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ≤ t < | | | Quard 400 | Quard 450 | Quard 500 |
| - | 8 | Поперечное<br>Продольное | 8<br>10 | 10<br>10 | 10<br>12 |
| 8 | 20 | Поперечное<br>Продольное | 10<br>10 | 10<br>12 | 12<br>14 |
| 20 | - | Поперечное<br>Продольное | 12<br>12 | 12<br>14 | 16<br>18 |

**Таблица 4.** Сталь с высоким пределом текучести Quend.

| Толщина листа, мм | | Направление гибки отн. прокатки | Канал матрицы, W/t | |
|---|---|---|---|---|
| ≤ t < | | | Quend 700 | Quend 900<br>Quend 960 |
| - | 8 | Поперечное<br>Продольное | 8<br>9 | 9<br>10 |
| 8 | 20 | Поперечное<br>Продольное | 8<br>9 | 9<br>10 |
| 20 | - | Поперечное<br>Продольное | 9<br>10 | 10<br>12 |

## C. Упругое последействие

Расчетное упругое последействие при гибке до 90°.

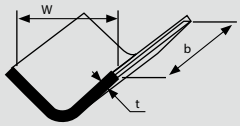
| Марка стали | Типовое упругое последействие |
|---|---|
| Quard 400 | 8-12° |
| Quard 450 | 10-14° |
| Quard 500 | 12-18° |
| Quend 700 | 6-10° |
| Quend 900 / 960 | 8-12° |

Упругое последействие возрастает при:

- **увеличении твердости и прочности стального листа;**
- **увеличении ширины канала матрицы;**
- **увеличении радиуса пуансона.**

## 4.Расчет изгибающего усилия

Энергия, необходимая для гибки.




$$F = C \cdot \frac{R_m \cdot b \cdot t^2}{W}$$

$R_m$ = прочность на разрыв, (МПа)
t = толщина листа, (мм)
C = константа (1,5)
b = длина сгибаемого листа, (мм)
W = ширина канавки V, (мм)

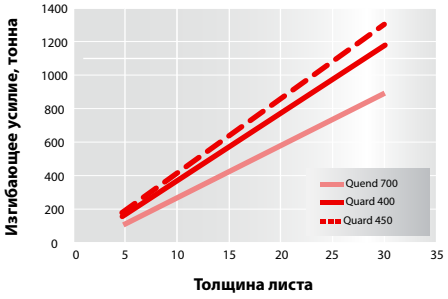
**Пример:**
Quard 400:
$R_m$: 1250 МПа;
толщина листа (t) = 10 мм;
длина гибки (b) = 2500 мм;
Ширина матрицы (W): 120 (W = 12 x t).

**Расчет изгибающего усилия:**

$$F\ (\text{Ньютон}) = 1.5 \times \frac{(1{,}250 \times 2{,}500 \times 10^{\ 2})}{120}$$

F = 3906250 Ньютон / 10 000
= 391 тонна, (см. график)

Изгибающее усилие, необходимое для гибки стальных листов Quard 400, 450 и Quend 700 длиной 2 500 мм, показано в зависимости от толщины листов.




**ООО"ВЕАР СЕРВИС" является официальным Партнером компании ОАО "НЛМК" в области представления услуг по обработке износостойких и высокопрочных сталей марок QUEND и QUARD на территории ЦФО РФ.**