

# CARMO

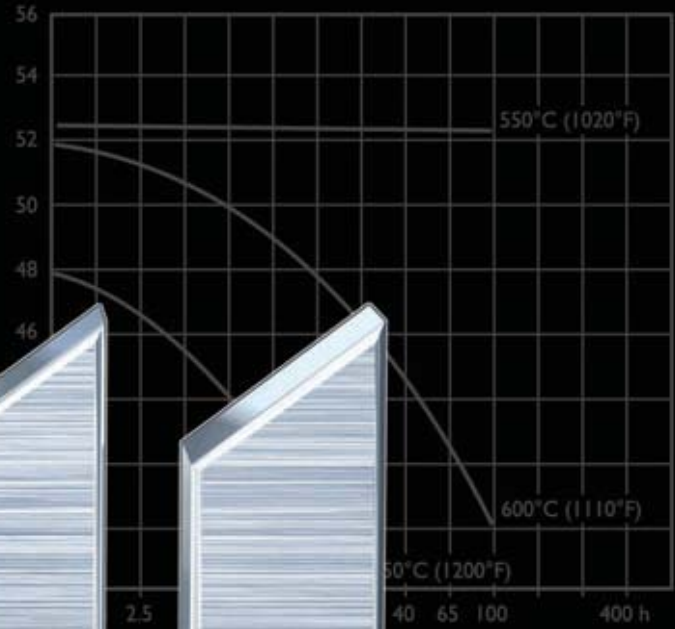
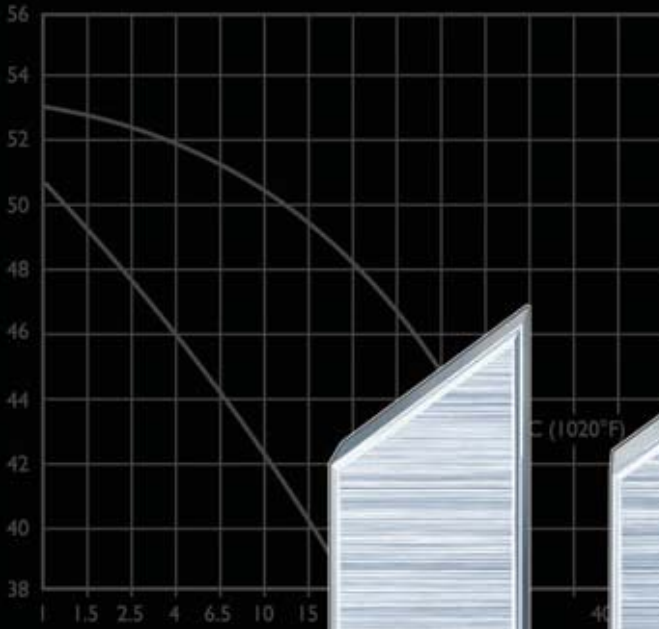
Закаленная инструментальная сталь для холодной обработки

COLD WORK

PLASTIC MOULDING

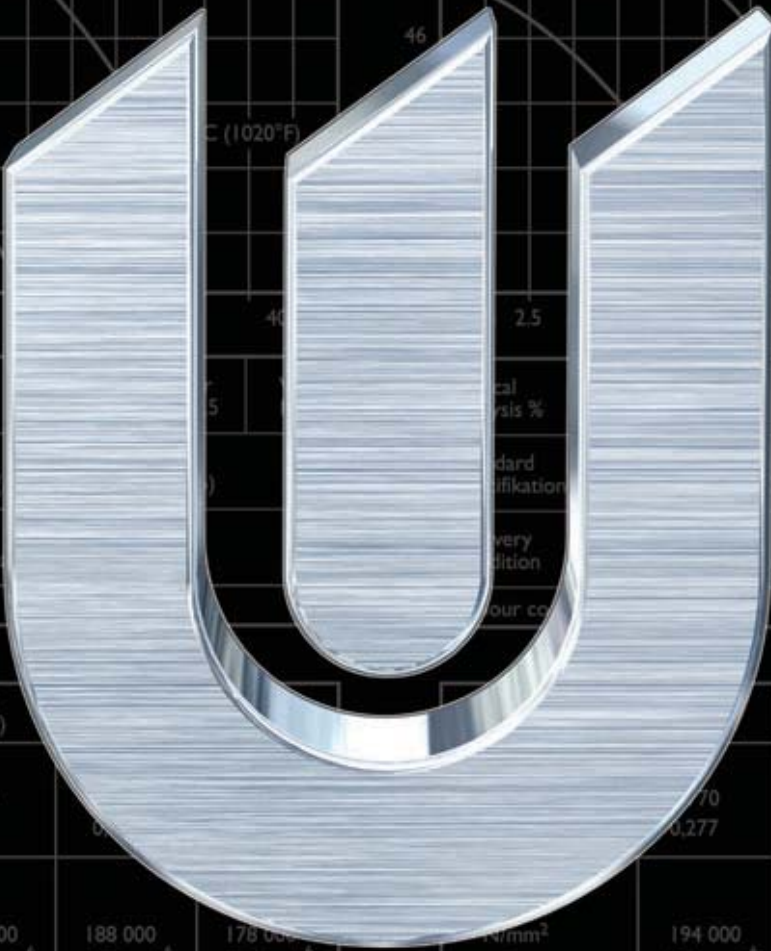
HOT WORK

HIGH PERFORMANCE STEEL



Typical analysis %	C 2,05
Standard specification	AISI D6, ( )
Delivery condition	Soft annealed
Colour code	Red

Typical analysis %	Mn 0,8	Cr 4,5	W 0,2
Standard specification	DIN 1.2333 (W.Nr. 1.2796)		
Delivery condition	Soft annealed to approx. 200 HB		
Colour code	Red		



Temperature	20°C (68°F)	200°C (390°F)	400°C (750°F)
Density kg/m <sup>3</sup> lbs/m <sup>3</sup>	7 770 0,281	7 670 0,277	7 650 0,275
Modulus of elasticity N/mm <sup>2</sup> psi	194 000 28,1 × 10 <sup>6</sup>	188 000 27,3 × 10 <sup>6</sup>	178 000 25,8 × 10 <sup>6</sup>
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C per °F from 68°F	to 100°C 11,7 × 10 <sup>-6</sup> to 212°F 6,5 × 10 <sup>-6</sup>	to 200°C 12 × 10 <sup>-6</sup> to 400°F 6,7 × 10 <sup>-6</sup>	to 400°C 13,0 × 10 <sup>-6</sup> to 750°F 7,3 × 10 <sup>-6</sup>
Thermal conductivity W/m °C Btu in (ft <sup>2</sup> h°F)	-	27 187	32 221
Specific heat K/kg °C Btu/lbs °F	455 0,109	525 0,126	608 0,145

Temperature	20°C (68°F)	200°C (390°F)	400°C (750°F)
Density kg/m <sup>3</sup> lbs/m <sup>3</sup>	7 770 0,281	7 670 0,277	7 650 0,275
Modulus of elasticity N/mm <sup>2</sup> psi	194 000 28,1 × 10 <sup>6</sup>	189 000 27,4 × 10 <sup>6</sup>	173 000 25,1 × 10 <sup>6</sup>
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C per °F from 68°F	to 100°C 12,3 × 10 <sup>-6</sup> to 212°F 6,1 × 10 <sup>-6</sup>	to 200°C 14 × 10 <sup>-6</sup> to 400°F 6,7 × 10 <sup>-6</sup>	to 400°C 15,1 × 10 <sup>-6</sup> to 750°F 7,3 × 10 <sup>-6</sup>
Thermal conductivity W/m °C Btu in (ft <sup>2</sup> h°F)	-	20,5 142	21,5 149
Specific heat K/kg °C Btu/lbs °F	460 0,110	-	-

Вся информация, представленная в брошюре, основана на сегодняшнем состоянии уровня наших знаний и предназначена для того, чтобы дать **общее представление** о нашей продукции и областях ее применения, поэтому она не должна рассматриваться как гарантия определенных свойств описываемых марок сталей или соответствия их для специфических целей.

## Введение

**CARMO** - это высокопрочная пламенно-, индукционно- и насквозь закаливаемая инструментальная сталь, поставляемая предварительно закаленной на твердость 240-270 HB.

Поверхность стали может быть закалена пламенем без водного охлаждения до твердости  $58 \pm 2$  HRC. Глубина заковки обычно 4-5 мм. Закаленная и отпущенная матрица является хорошей основой для получения закаленного пламенем слоя.

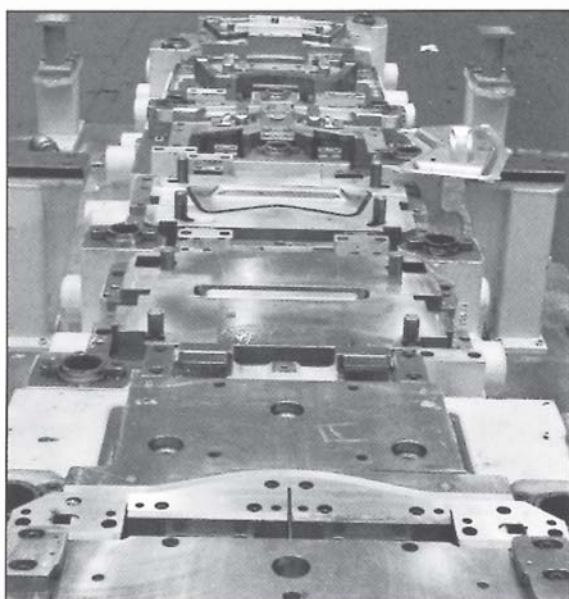
Сталь может быть легко сварена или наплавлена.

Химический состав	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
	0,6	0,35	0,8	4,5	0,5	0,2
Состояние поставки	Предварительно закаленная до 240-270 HB					
Цветовой код	Красный/ фиолетовый					

## Области применения

**CARMO** - это инструментальная сталь для холодной обработки материалов, разработанная совместно с автомобильной промышленностью.

Ее химический состав был сбалансирован так, чтобы получить **одну универсальную** инструментальную сталь для производства кузовных штампов, вместо нескольких марок сталей (стали для поверхностной и стали для сквозной заковки), обычно используемых. Эта сталь может быть использована в поверхностно-или объемно-закаленном состоянии для вырубки и формовки, как кузовных (тонкий лист), так и конструкционных (толстый лист) деталей.



Инструмент для производства частей днища автомобиля

## Свойства

### МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Показатели даны при комнатной температуре. Твердость 270 HB.

Предел прочности, $R_m$ Н/мм <sup>2</sup>	870
Предел текучести, $R_{p0.2}$ Н/мм <sup>2</sup>	670
Растяжение $A_5$ %	15
Сжатие $Z$ %	50

### ДРУГИЕ ВАЖНЫЕ СВОЙСТВА

Общая экономичность инструмента, то есть снижение **общей стоимости** эксплуатации инструмента, включая стоимость простоев и технического обслуживания, важна в штамповочных операциях.

Это особенно важно в автомобильной промышленности, где очень большие автоматические пресс-линии работают строго по графику.

Все это требует наличия специальных свойств у сталей, используемых для изготовления инструмента:

- высокая прочность - для максимальной надежности каждой операции
- высокая износостойкость - для изготовления необходимого количества деталей
- легкость в обслуживании - для снижения простоев в работе прессы

**CARMO** полностью отвечает всем этим требованиям. Прочность **CARMO** намного выше, чем у сталей типа A2 и D2.

Износостойкость **CARMO** такая же, как и у A2.

**CARMO** легко сваривается и наплавляется.

# Термообработка

## СНЯТИЕ НАПРЯЖЕНИЙ

Температура: 550-650 °С.  
 Время выдержки: 2 часа.  
 Охлаждение в печи до температуры 500 °С, затем на воздухе.

## ЗАКАЛКА

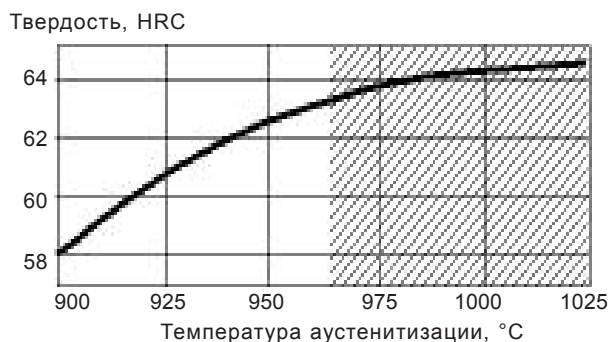
Для объемной закалки рекомендуются следующие температуры и время:

Температура предварительного подогрева: 600-700 °С.  
 Температура аустенизации: 950-970 °С, обычно 960 °С.

Время выдержки: 30-45 минут.

Инструмент должен быть защищен от обезуглероживания в процессе закалки.

### Зависимость твердости от температуры аустенизации



Опасность роста зерна и снижения прочности

## ЗАКАЛОЧНАЯ СРЕДА

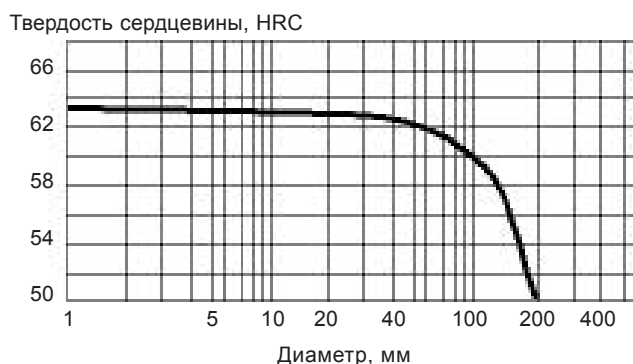
- Высокоскоростной газ/циркулирующая атмосфера
- Соляная ванна 200-550 °С

**Замечание 1:** Деталь не должна покидать охлаждающую среду пока не остынет до 25 °С, иначе она может дать усадку после отпуска.

**Замечание 2:** Произведите отпуск немедленно после охлаждения.

**Замечание 3:** Охлаждение в масле не рекомендуется.

### Зависимость твердости сердцевины от диаметра при охлаждении на воздухе

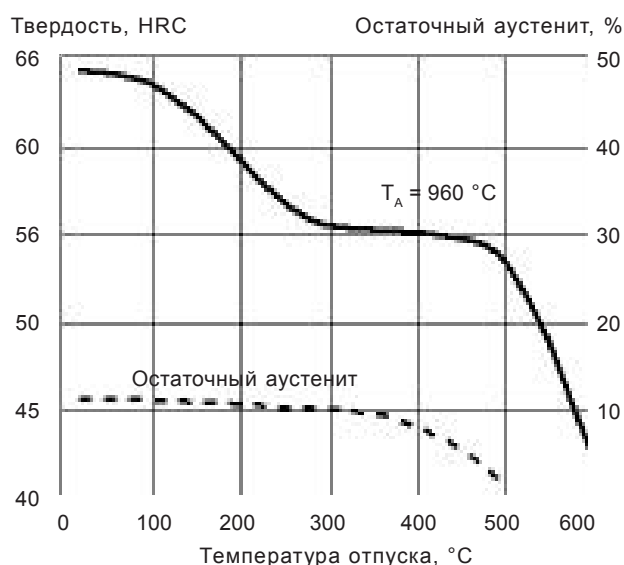


## ОТПУСК

Выберите температуру отпуска по температурному графику, учитывая необходимую Вам твердость. Произведите отпуск два раза с промежуточным охлаждением до комнатной температуры. Низшая температура отпуска 200 °С. Время выдержки при температуре отпуска не менее 2-х часов.

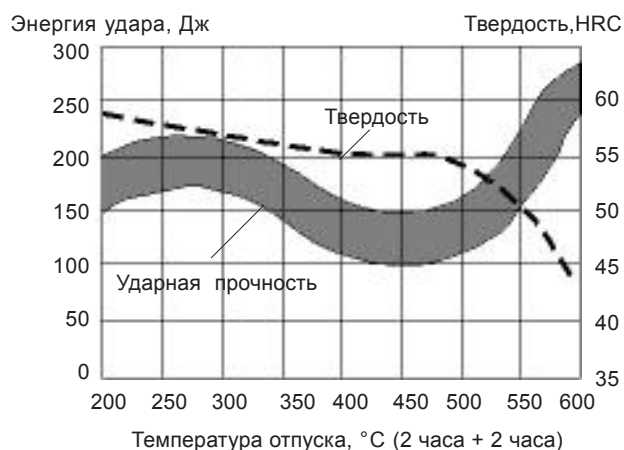
## ТВЕРДОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ПОСЛЕ ОТПУСКА

### График отпуска



## УДАРНАЯ ВЯЗКОСТЬ

Комнатная температура. Размер образца: 7 x 10 x 55 мм. Закален при температуре 960 °С. Охлажден на воздухе. Отпущен дважды.



## Механическая обработка - рекомендации

Данные по механической обработке, приведенные ниже, следует рассматривать как рекомендации, которые должны быть адаптированы к используемому оборудованию. Более детальная информация представлена в брошюре Uddeholm Tooling "Рекомендации по обработке резанием".

### ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА

Параметры обработки	Токарная обработка твердосплавным инструментом		Токарная обработка инструментом из быстрорежущих сталей
	Черновая обработка	Чистовая обработка	Чистовая обработка
Скорость резания ( $V_c$ ) м/мин	130-160	160-210	25
Подача (f) мм/об	0,3-0,6	-0,3	-0,3
Глубина прохода ( $a_p$ ) мм	2-6	-2	-2
Марка твердого сплава ISO	P20-P30 Твердосплавное покрытие	P10 Твердоспл. покрытие или кермет	-

### СВЕРЛЕНИЕ

#### Спиральное сверло из быстрорежущей стали

Диаметр сверла мм	Скорость резания ( $V_c$ ) м/мин	Подача (f) мм/об
-5	14*	0,08-0,20
5-10	14*	0,20-0,30
10-15	14*	0,30-0,35
15-20	14*	0,35-0,42

\* Для быстрорежущих сверл с покрытием скорость резания  $V_c \approx 18$  м/мин

#### Твердосплавное сверло

Параметры обработки	Тип сверла		
	Многогранная сменная пластина	Цельное твердосплавное сверло	Напаянный твердый сплав*
Скорость резания ( $V_c$ ) м/мин	150-200	70	60
Подача (f) мм/об	0,03-0,10	0,10-0,25**	0,15-0,25**

\* Сверло с внутренним охлаждающим каналом и напаянным твердосплавным наконечником

\*\* В зависимости от диаметра сверла

### ФРЕЗЕРОВАНИЕ

#### Плоская и с прямоугольными выступами поверхность фрезерования

Параметры обработки	Фрезерование твердосплавным инструментом		Фрезерование инструментом из быстрорежущих сталей
	Черновая обработка	Чистовая обработка	Чистовая обработка
Скорость резания ( $V_c$ ) м/мин	110-140	140-180	18
Подача (f) мм/зуб	0,2-0,4	0,1-0,2	0,1
Глубина ( $a_p$ ) резания, мм	2-5	-2	-2
Марка твердого сплава ISO	P20-P40 Твердосплавное покрытие	P10-P20 Твердоспл. покрытие или кермет	-

#### Торцевое фрезерование

Параметры обработки	Тип фрезы		
	Цельная твердосплавная фреза	Многогранная твердосплавная режущая пластина	Быстрорежущая сталь
Скорость резания ( $V_c$ ) м/мин	50	120-170	20*
Подача ( $f_z$ ) мм/зуб	0,03-0,20**	0,08-0,20**	0,05-0,35**
Марка твердого сплава ISO	K20	P20-P40 Твердосплавное покрытие	-

\* Для торцевых фрез с покрытием из быстрорежущей стали  $v_c \approx 28$  м/мин

\*\* В зависимости от радиальной глубины резания и диаметра фрезы

### ШЛИФОВАНИЕ

Ниже приведены общие рекомендации по шлифовальным кругам. Более подробная информация может быть получена в брошюре Uddeholm Tooling "Шлифование инструментальных сталей".

#### Рекомендуемые круги

Тип шлифовки	Закаленное состояние
Торцевое шлифование прямолинейной поверхности	A 46 HV
Торцевое шлифование участков поверхности	A 24 GV
Круглое шлифование	A 46 LV
Внутреннее шлифование	A 46 JV
Профильное шлифование	A 100 LV



## Пламенная закалка

Используйте кислородно-ацетиленовую горелку с расходом 1250-2500 л/час с нормальным пламенем. Температура: 950 ± 30 °С.

Твердость: поверхность 58 ± 2 HRC, на глубине 3-4 мм 400 HV<sub>10кг</sub>.

Цветовую шкалу для правильного определения температуры нагрева можно получить в местном представительстве Уддехолм Тулинг.

## Рекомендации по сварке

### ВВЕДЕНИЕ

При сваривании сталей для холодной обработки всегда существует опасность появления трещин в наплавленном металле и/или зоне термического влияния.

Однако возникновения трещин можно избежать, если применять правильные методы сварки и использовать подходящие расходные материалы. Кованные материалы всегда легче сваривать, чем литые, в связи с тем, что они имеют более высокую прочность.

Общие правила таковы:

- Длина дуги должна быть как можно короче. Покрытый электрод должен быть направлен под углом 90° к состыкованным сторонам и под углом 75-80° к направлению движения.
- Сварка должна проходить при повышенной температуре. Температура рабочей детали в процессе сварки должна поддерживаться как можно более постоянной. Лучший способ сохранения постоянной температуры - это использование теплоизолированного ящика с термостатической регулировкой электрических нагревательных элементов внутри стенок.
- Первые два слоя должны всегда наплавляться при одинаковом нагреве и с малым диаметром электрода (максимум 3,25 мм в диаметре при ручной дуговой сварке или максимум 120А при сварке вольфрамовым электродом в среде защитного газа).
- Прежде всего основной металл покрывается соответствующим числом проходов. Все другие проходы должны затем производиться поверх предварительно наплавленного металла, за исключением случаев, когда применяется мягкий электродный материал типа 29/9. Если используется мягкий наплавочный металл, то его поверхность должна быть на 3 мм ниже чистой поверхности, так, чтобы твердосплавная наплавка могла бы обеспечить необходимую твердость направляемого инструмента.
- При больших объемах наплавки основной материал должен быть покрыт мягким наплавочным материалом типа 29/9 (29% Cr, 9% Ni; AWS ER 312, или AWS E312), который обеспечивает более высокую прочность наплавленного металла при более низкой твердости.

- Выбор электрода для сварки зависит от требуемой твердости наплавляемого инструмента. (см. таблицу ниже)
- Для получения требуемой твердости (приведенной в таблице ниже) наплавка должна производиться, по крайней мере, в 3 слоя, плюс дополнительный слой, который является основным после окончания плавки. Когда наплавляется инструментальная сталь, последний слой всегда должен быть основным.
- Следует заметить, что различие между ожидаемой и достигнутой твердостью наплавленного металла обычно зависит от того, как осуществлялась шлифовка последнего слоя. Шлифовка всегда должна быть произведена до того, как температура инструмента понизится слишком сильно. Если производится слишком грубая шлифовка, такая, что наплавка раскаляется до красноты, то в наплавленном металле появятся микротрещины.
- При больших объемах сварки рекомендуется следующий цикл работы:
  1. Предварительный подогрев инструмента до температуры 200-250 °С. Выдерживайте эту температуру в течение всего процесса сварки.
  2. Дайте инструменту медленно остыть до температуры 70 °С.
  3. Произведите отпуск инструмента при температуре на 20 °С ниже температуры предварительного отпуска.

### ПОДГОТОВКА КРОМОК

Нет необходимости лишней раз подчеркивать насколько важна обработка кромок. Трещины должны быть удалены так, чтобы дно стыка было округлое, и наклон сторон стыка был бы под углом не менее 30° к вертикали. Ширина дна стыка должна быть не менее, чем на 1 мм больше, чем диаметр используемого электрода (включая покрытие).

Дальнейшие рекомендации по сварке инструментальных сталей могут быть получены в брошюре Uddeholm Tooling "Сварка инструментальных сталей".

#### Расходные материалы для сварки вольфрамовым электродом в среде защитного газа (TIG) ковальной стали CARMO

Состояние материала	Расходные материалы	Твердость после наплавки	Твердость после перезакалки	Температура предварительного подогрева
Закаленный	Avesta P7 <sup>2)</sup>	240 HB	Austenitic	200-250 °C
Предварительно закаленный	Casto Tig 680 <sup>2)</sup>	230 HB	Austenitic	
	UTPA 73 G2	53-56 HRC	57 HRC	
	UTPA 67S	55-58 HRC	52 HRC	
	Casto Tig 5 <sup>3)</sup>	60-64 HRC		
	CARMO/ CALMAX TIG WELD <sup>4)</sup>	58-61 HRC	58-61 HRC	

**Расходные материалы для ручной дуговой сварки  
MMA (SMAW) кованой стали CARMO**

Состояние материала	Расходные материалы	Твердость после наплавки	Твердость после перезакалки	Температура предварительного <sup>1)</sup> подогрева
Закаленный Предварительно закаленный	Avesta P7 <sup>5)</sup>	≈270 HB	Austenitic	200-250 °C
	Castolin 680S <sup>5)</sup>	≈220 HB	Austenitic	
	Sandvik 29.9.R <sup>5)</sup>	≈250 HB	Austenitic	
	ESAB OK 84.52	53-54 HRC	49 HRC	
	UTP 67S	55-60 HRC	52 HRC	
	Oerlikon			
	CITODUR 600B	57-60 HRC	53-54 HRC	
	Fontargen E 711	57-60 HRC	53-54 HRC	
CARMO/ CALMAX WELD <sup>4)</sup>	58-61 HRC	58-61 HRC		

1. Инструмент после сварки должен охлаждаться медленно.
2. Присадочный пруток для TIG сварки типа AWS ER 312.
3. Casto TIG 5 должен наплавляться не более, чем в 4 слоя, в связи с риском образования трещин.
4. CARMO/CALMAX TIG WELD/WELD - эти расходные материалы соответствуют химическому составу сталей CARMO/CALMAX, т.е. они так же термически обработаны.
5. MMA-электроды типа AWS E 312.

## Холодная обработка - области применения

### ТИПИЧНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- Обычная штамповка и гибка
- Тяжелая штамповка и гибка
- Глубокая вытяжка
- Чеканка
- Матрицы холодной экструзии сложной геометрии
- Валки
- Ножевое полотно
- Изготовление технологической оснастки

### ТРАДИЦИОННЫЕ ШТАМПОВЫЕ СТАЛИ

Большинство штампового инструмента, изготавливаемого сегодня, производится с использованием традиционных инструментальных сталей, таких как O1, A2, D2, D3 и D6.

Эти стали обеспечивают, на первый взгляд, достаточную износостойкость, а их уровень твердости достаточен для большинства областей применения.

Однако низкие прочность, пламенная и индукционная закаляемость и свариваемость этих марок сталей часто приводит к низкой производительности и к высокой стоимости обслуживания, что происходит в результате неожиданных отказов инструмента. Поэтому была разработана новая сталь для штампового инструмента - **CARMO**.

Цель инструментальной стали **CARMO** - обеспечить оптимальную экономичность инструмента, то есть наименьшую стоимость инструмента на единицу продукции.

### СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

За последнее десятилетие в штамповой промышленности произошли значительные изменения. На рынке появились нержавеющие стали, поверхностные покрытия, также были разработаны высокоскоростные прессы. К этим технологическим достижениям следует добавить также и движение в сторону увеличения производительности и долговечности инструмента.

Традиционные штамповые инструментальные стали все еще регулярно специфицируются, выбираются и используются, но это приводит к низкой стойкости и невысокой производительности инструмента.

Хорошо сбалансированные свойства инструментальной стали **CARMO** намного лучше подходят современным рабочим материалам и методам производства. **CARMO** предлагает высокую степень надежности, необходимую для изготовления инструмента и его максимальной производительности.

### СОПРОТИВЛЕНИЕ МЕХАНИЗМАМ РАЗРУШЕНИЯ

Марки сталей Uddeholm	Абразивный износ	Адгезионный износ	Скалывание /растрескивание	Деформации
CALMAX/ CARMO*	██████	██████	██████	██████
ARNE	████	██████	██████	██████
SVERKER 21	██████	████	████	██████
SVERKER 3	██████	████	████	██████
RIGOR	██████	██████	██████	██████

\* CARMO поставляется в предварительно закаленном состоянии для улучшения пламенной и/или индукционной закаляемости, что является обычной закалочной процедурой для CARMO. Однако инструментальная сталь CARMO может быть также подвергнута и объемной закалке.  
Все остальные стали в этой таблице - объемно закаленные.

## Дополнительная информация

Для получения дополнительной информации о выборе материала, термообработке, условиях и сроках поставок инструментальной стали из Uddeholm Tooling обращайтесь в местное представительство "Уддехолм Тулинг".



Там, где инструмент производится  
Там, где инструмент используется

***Наш адрес в России:***

197198 Санкт Петербург  
Большой Проспект, П.С.25А

Телефон

+7 812 233 96 83

Факс

+7 812 232 46 79

Интернет

[www.uddeholm.com](http://www.uddeholm.com)

[igor.bryndin@uddeholm.ru](mailto:igor.bryndin@uddeholm.ru)