



# ТЕРМООБРАБОТКА ПРОВОЛОКИ ИЗ СПЛАВОВ 6101 И 6201

Лоран Коттинье  
Менеджер по Технической  
Поддержке клиентов  
Октябрь 2020

# Система обозначения сплавов

**1xxx** Нелегированный алюминий

**2xxx** Al + Cu

**3xxx** Al + Mn

**4xxx** Al + Si

**5xxx** Al + Mg

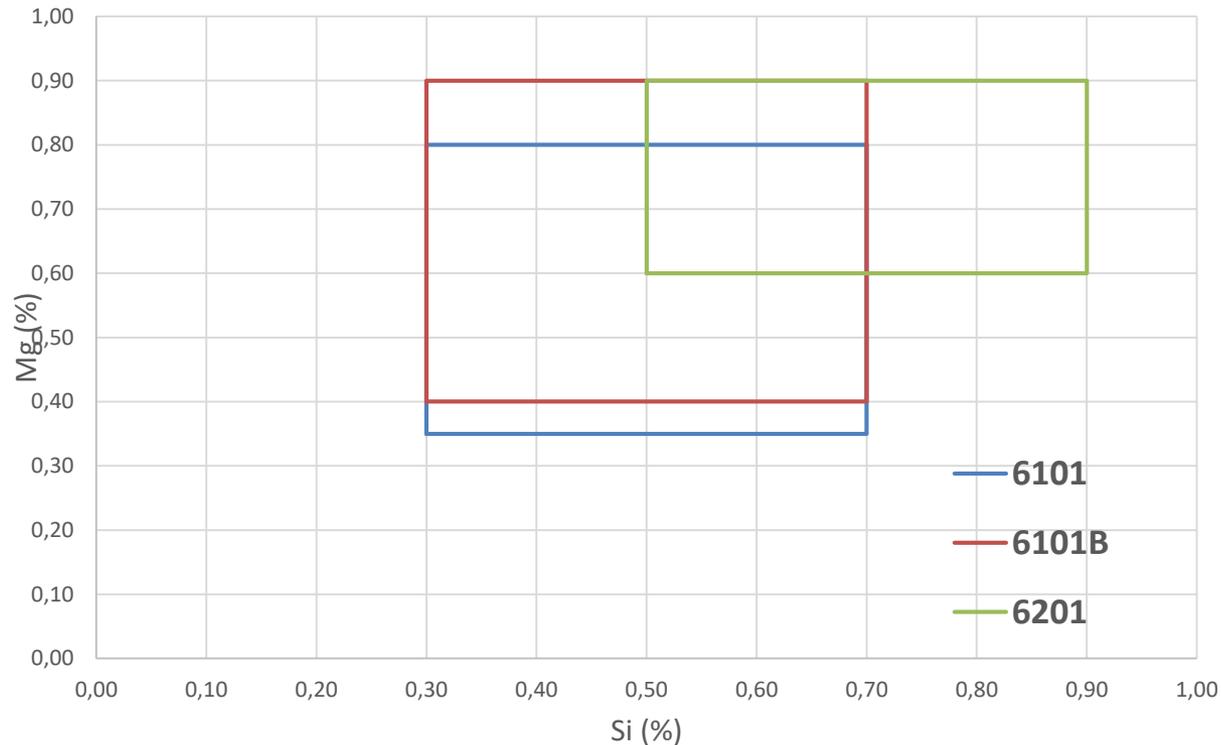
**6xxx** Al + Si, Mg

**7xxx** Al + Zn

**8xxx** Другие Al сплавы



# Сплавы для линий электропередачи ЛЭП и распределительных сетей – АААС кабели



**Кремний и магний добавлены для прочности**

**Включения контролируются для лучшей электрической проводимости**

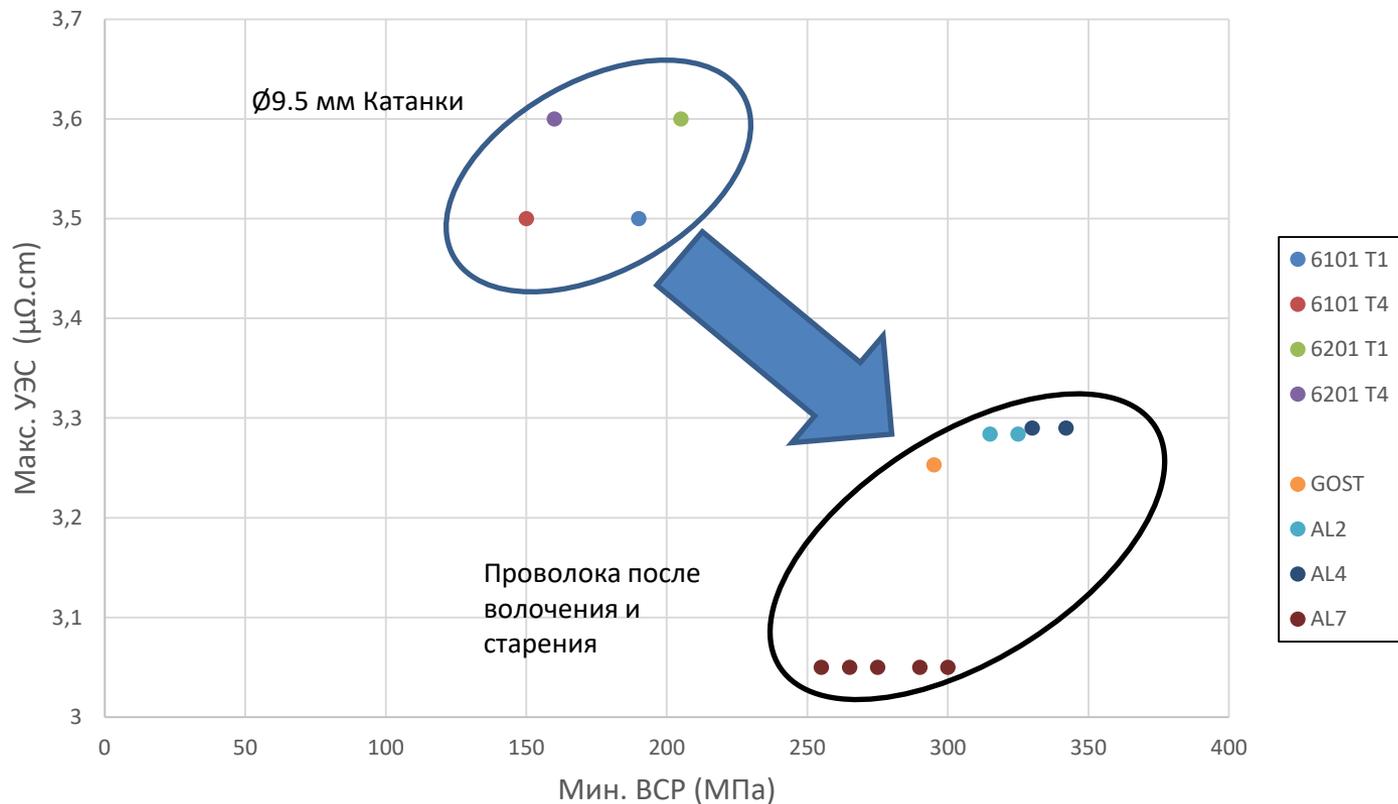
# Свойства Ø9.5мм катанки – EN1715-2

		Mechanical properties			Electrical properties (temperature : 20 °C)	
		Tensile strength $R_m$ MPa		Elongation typical $A_{100\text{ mm}}$ %	Resistivity $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ max.	Conductivity % IACS min.
		min.	max.			
EN AW-6101 [Al MgSi]	T1 <sup>a</sup>	190	-	17	3,50	49,2
	T4 <sup>a</sup>	150	-	23	3,50	49,2
EN AW-6201 [Al Mg0,7Si]	T1 <sup>a</sup>	205	-	17	3,60	47,8
	T4 <sup>a</sup>	160	-	21	3,60	47,8

T1: охлаждение после процесса формовки при повышенной температуре и естественное старение

T4: раствор термообработанный и естественно состаренный

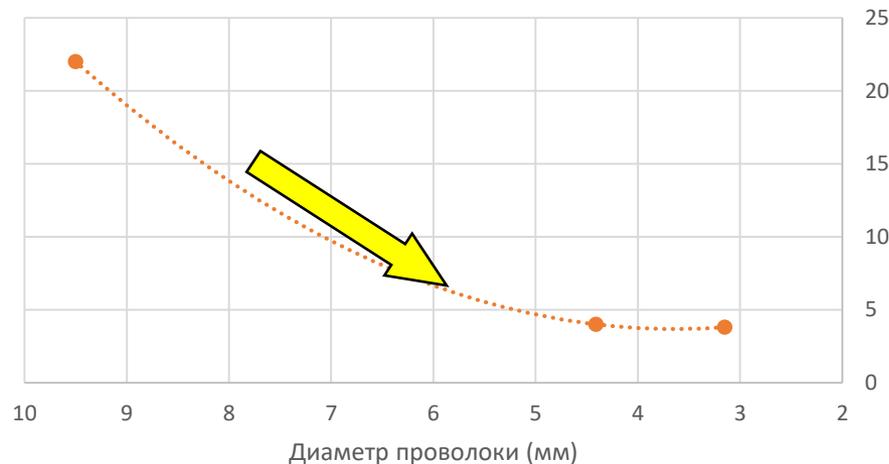
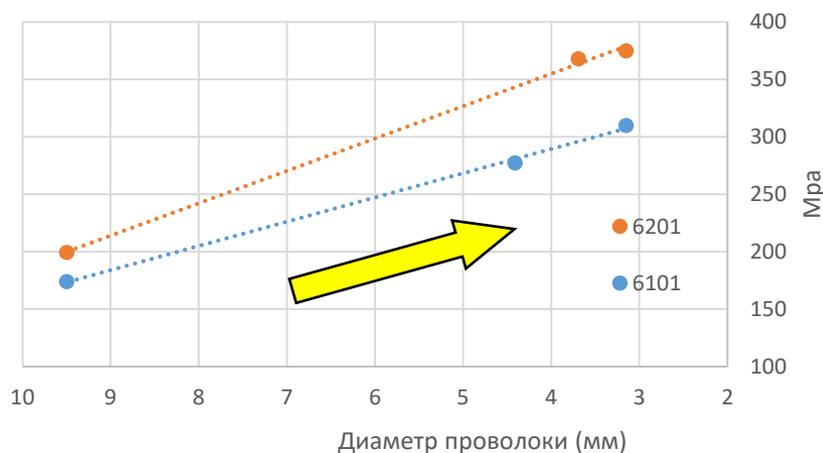
# От Ø9.5 мм до конечного диаметра



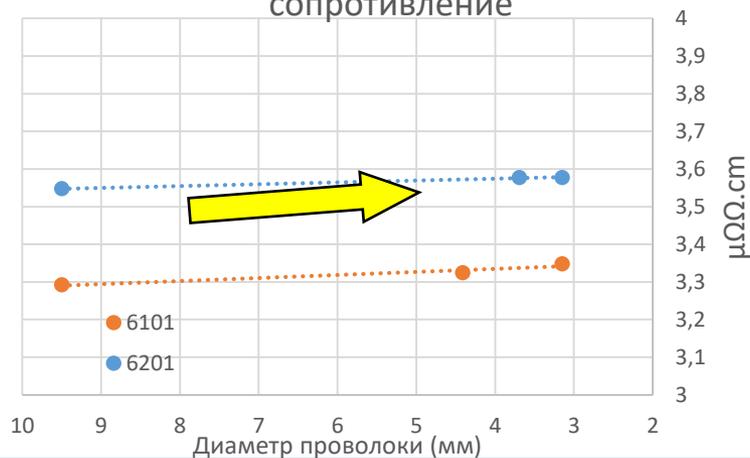
# Влияние волочения проволоки на свойства

ВСП

Удлинение (%)



Удельное электрическое сопротивление



# Влияние волочения проволоки на свойства

**ВСП и УЭС увеличиваются, удлинение уменьшается**

## **Факторы первой очереди**

свойства 9.5 мм катанки  
конечный диаметр

## **Факторы второй очереди**

Оборудование для волочения в проволоку и условия: более высокая температура проволоки приведёт к понижению механических свойств

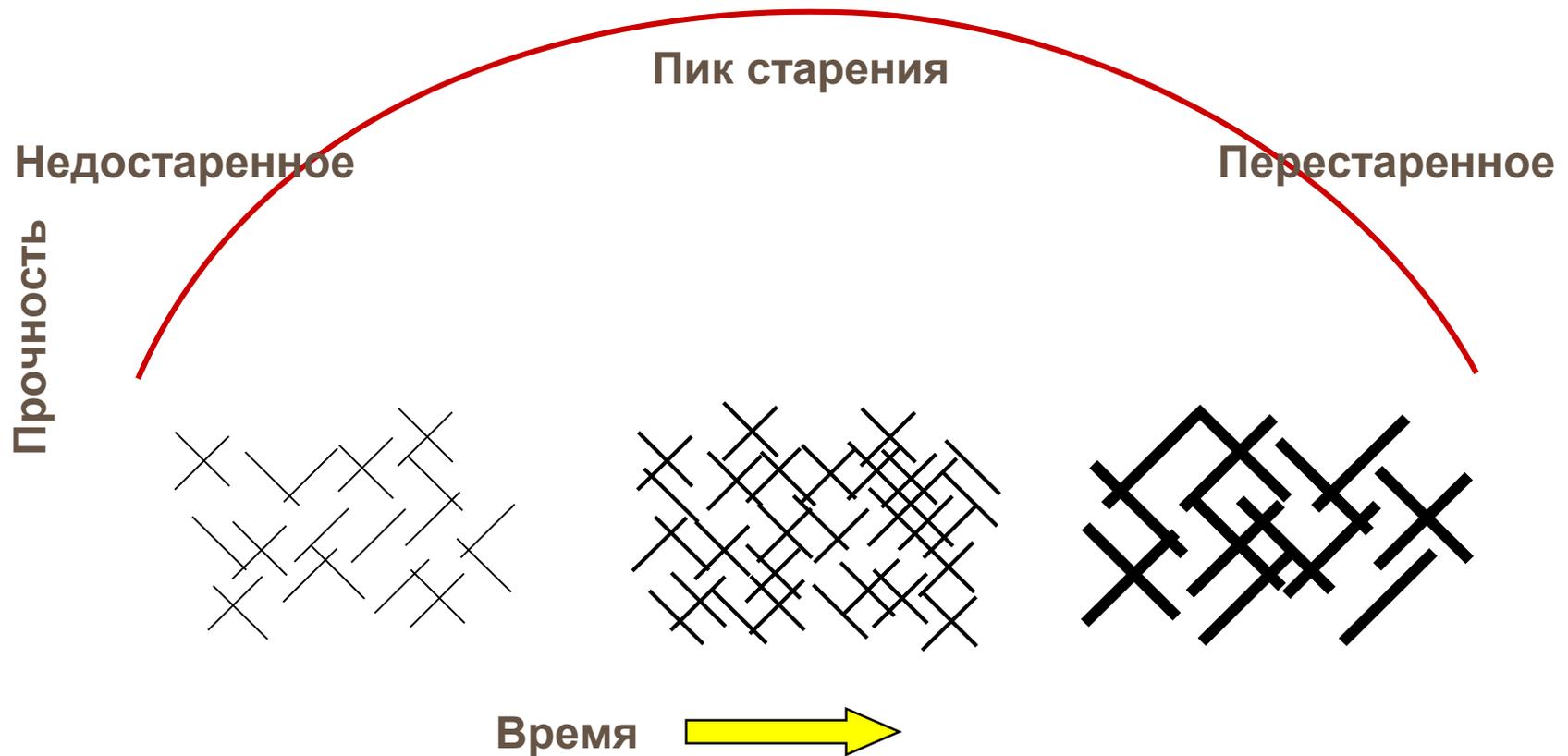
**Выполнение испытаний в состоянии после волочения полезно для отслеживания факторов, влияющих на изменения:**

новый конечный диаметр

поставка новой катанки

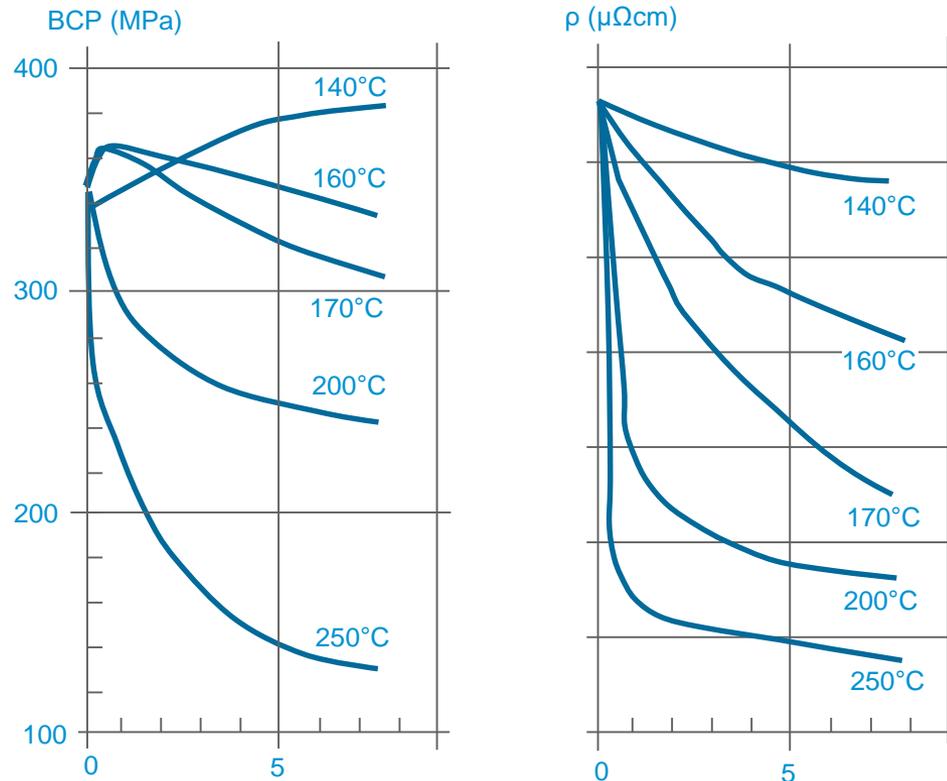
изменения в оборудовании для волочения

# Старение - Теория



Частицы MgSi растут и грубеют со временем, изменяя прочность.

# Кривые старения для проволоки 6101



9.5 мм катанка после волочения в 3.5 мм проволоку и старения при различных температурах

# Влияние температуры и времени старения

## Электрическая проводимость

Проводимость растёт со временем старения вне зависимости от температуры старения

Изменения проходят быстрее при высоких температурах

## BCP

темп.  $\leq 140^{\circ}\text{C}$   $\rightarrow$  BCP увеличивается со временем старения

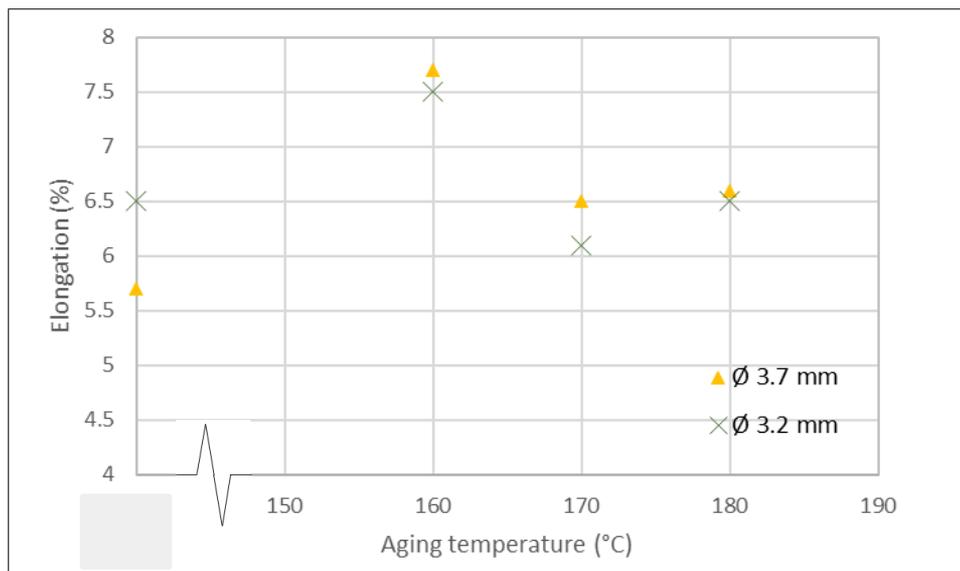
$160^{\circ}\text{C} \leq$  темп.  $\leq 170^{\circ}\text{C}$   $\rightarrow$  BCP увеличивается в течение первого часа и уменьшается в течение большего времени

Темп.  $\geq 180^{\circ}\text{C}$   $\rightarrow$  BCP уменьшается со временем старения

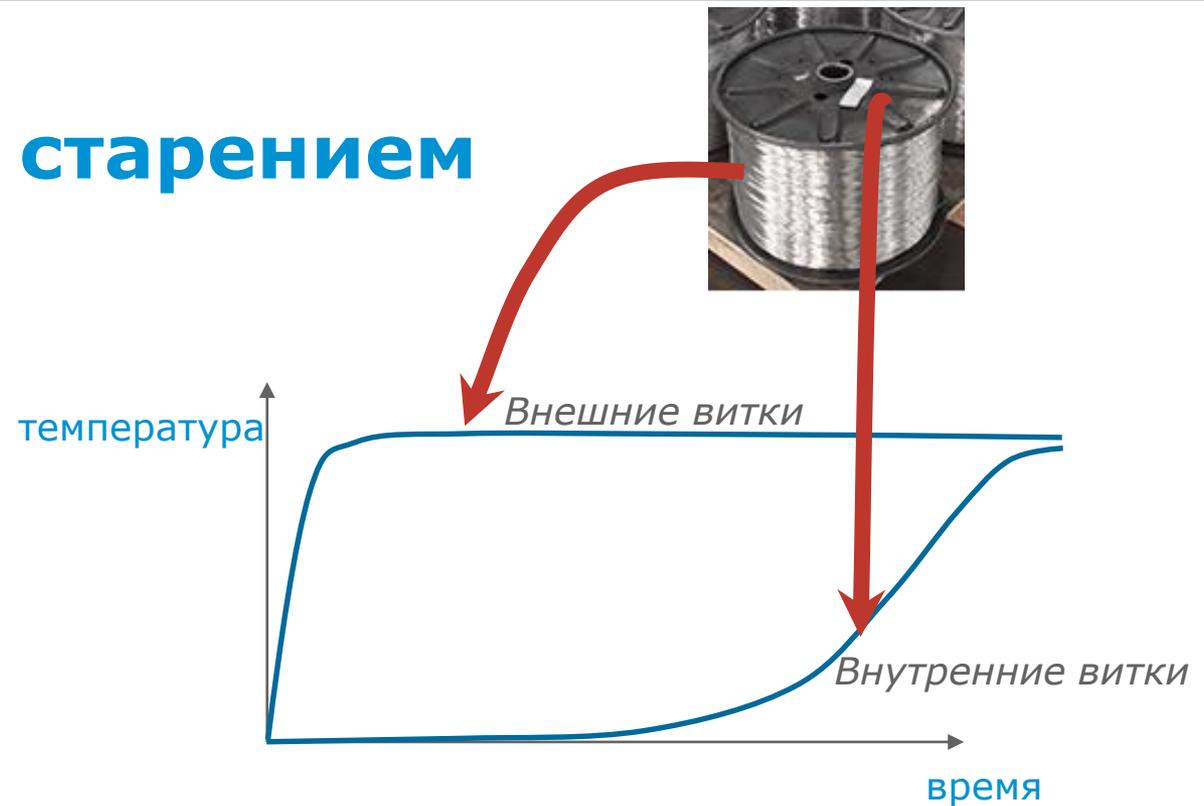
# Влияние температуры и времени старения

## Удлинение

незначительное увеличение после старения при низких температурах старения, нет изменений при старении при температуре  $\geq 170^{\circ}\text{C}$



# Обработка старением



**Низкая диффузия тепла в направлении внутренних витков катушки → градиент свойств**

Может остаться незамеченным при тестировании только внешних витков

Более низкое удлинение внутренних витков может оказать влияние на процесс скручивания кабеля

Такой нежелательный эффект минимизируется с:

уменьшением катушки

более низкие температуры старения и более длительное время

# Заключение и выводы

**Свойства после волочения и старения зависят от**

свойств катанки диаметром 9.5 мм  
диаметра проволоки  
времени и температуры старения

**Более низкие температуры дают большую прочность и лучшее удлинение**

**Более длительное время старения улучшает электрическую проводимость**

**СПАСИБО  
ВОПРОСЫ?**