



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

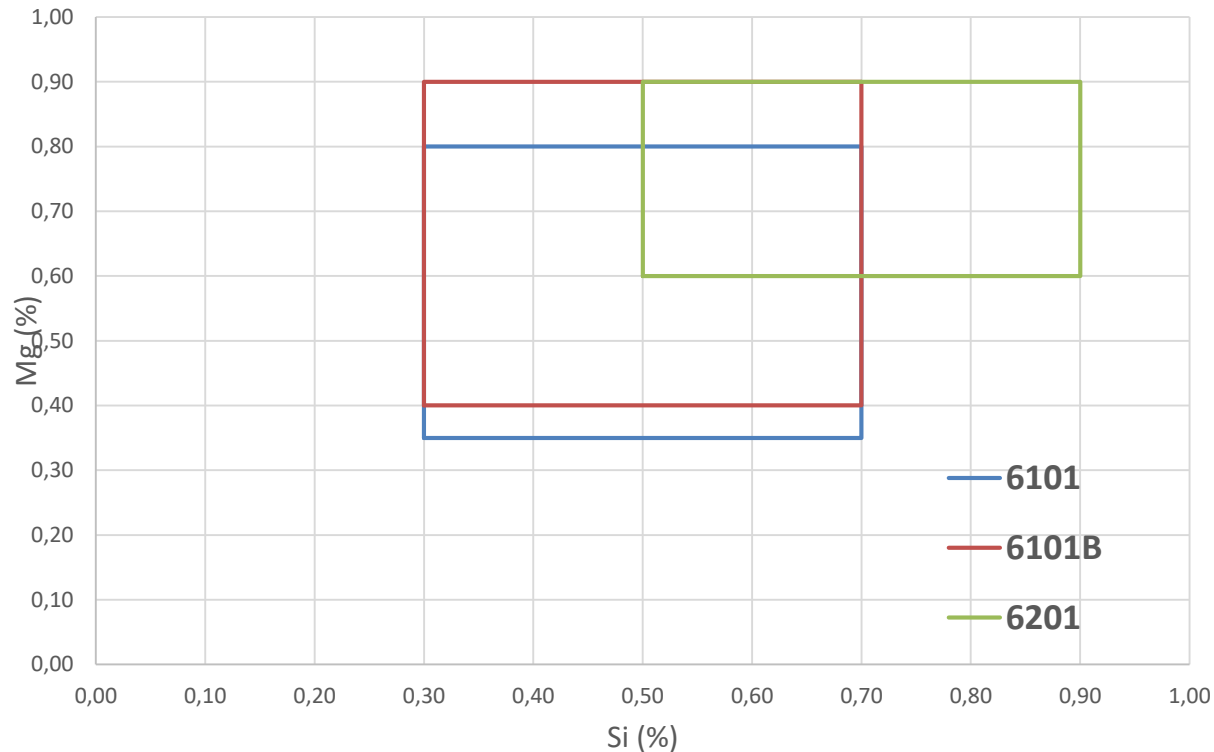
6xxx Al + Si, Mg

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

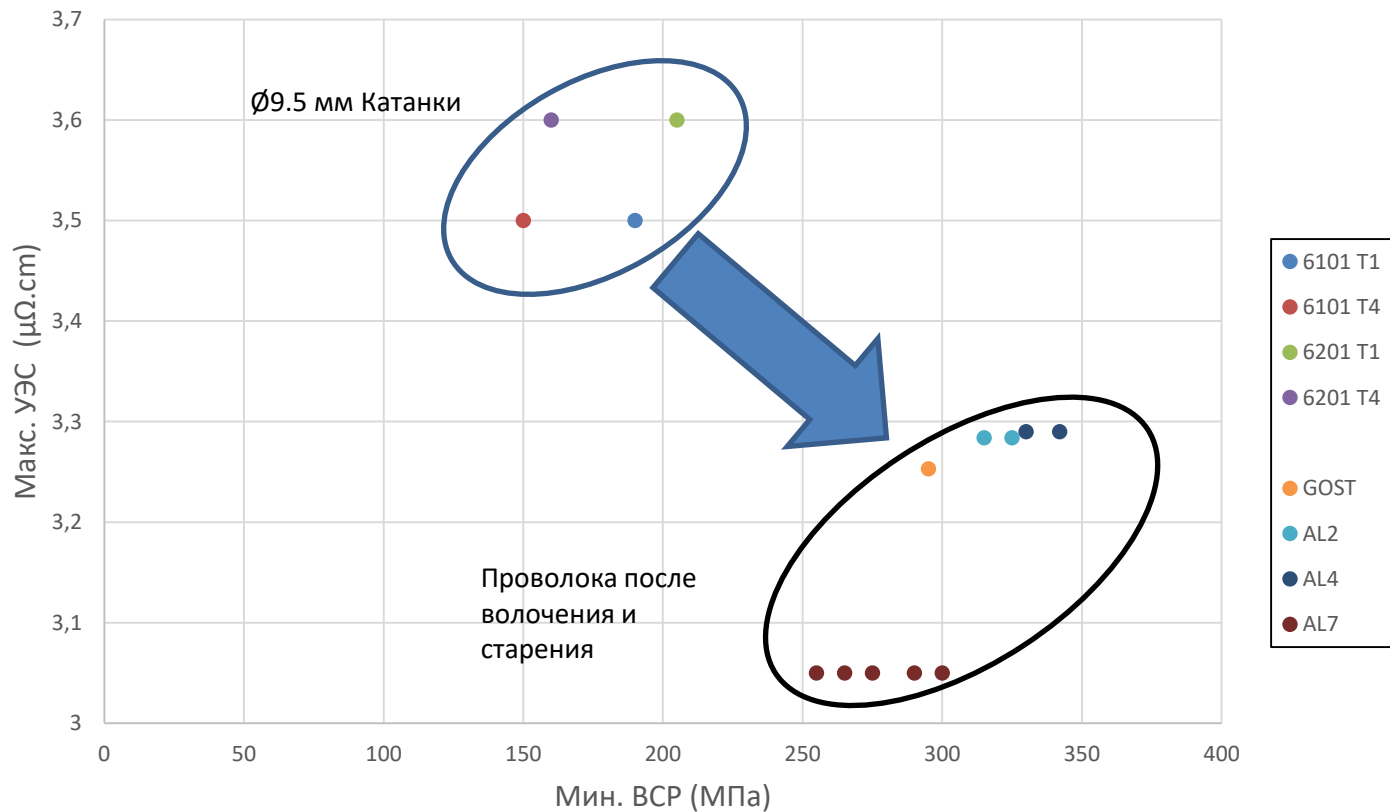
Свойства Ø9.5мм катанки – EN1715-2

		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 ^a	190	-	17	3,50	49,2
	T4 ^a	150	-	23	3,50	49,2
EN AW-6201 [Al Mg0,7Si]	T1 ^a	205	-	17	3,60	47,8
	T4 ^a	160	-	21	3,60	47,8

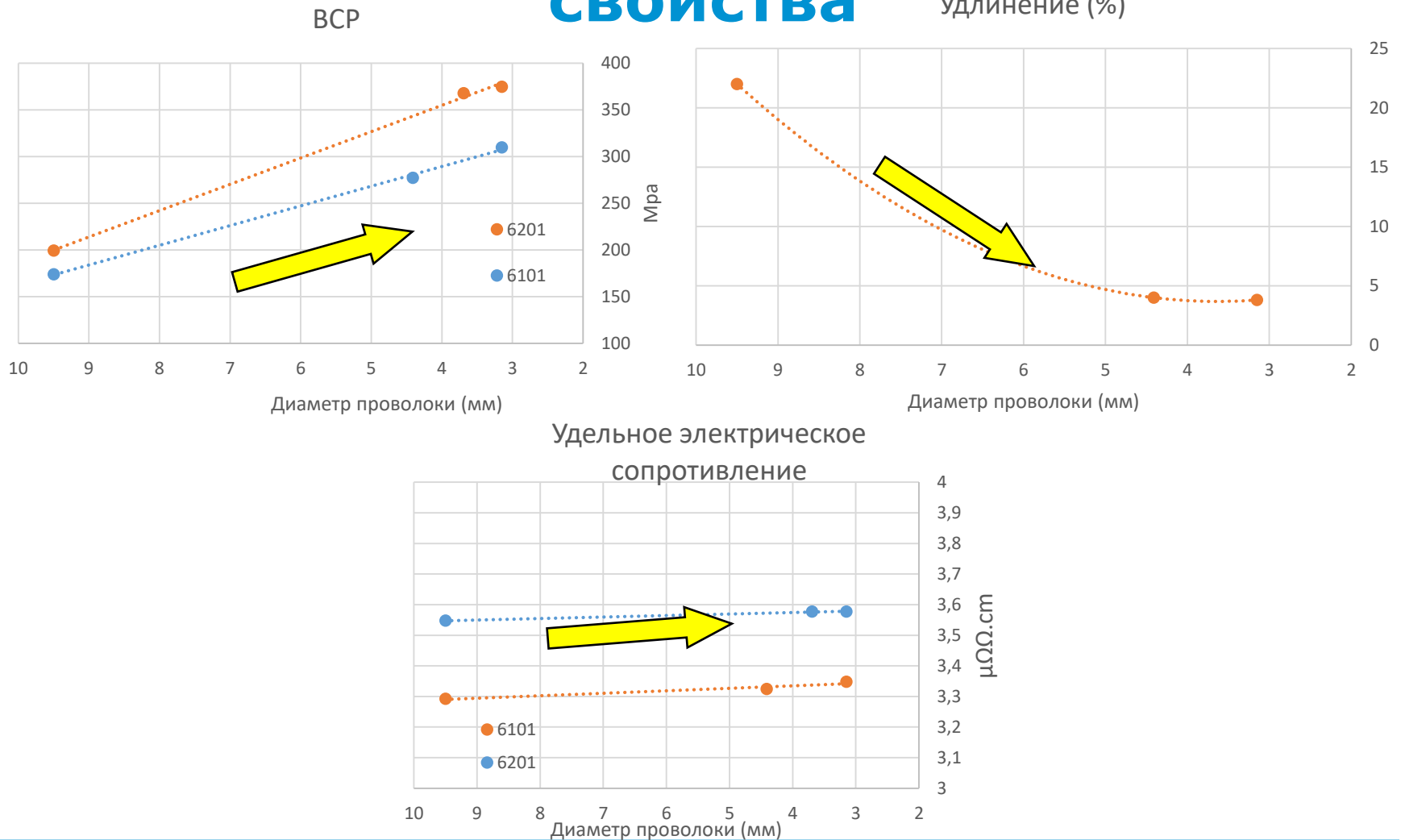
T1: охлаждение после процесса формовки при повышенной температуре и естественное старение

T4: раствор термообработанный и естественно состаренный

От Ø9.5 мм до конечного диаметра



Влияние волочения проволоки на свойства



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

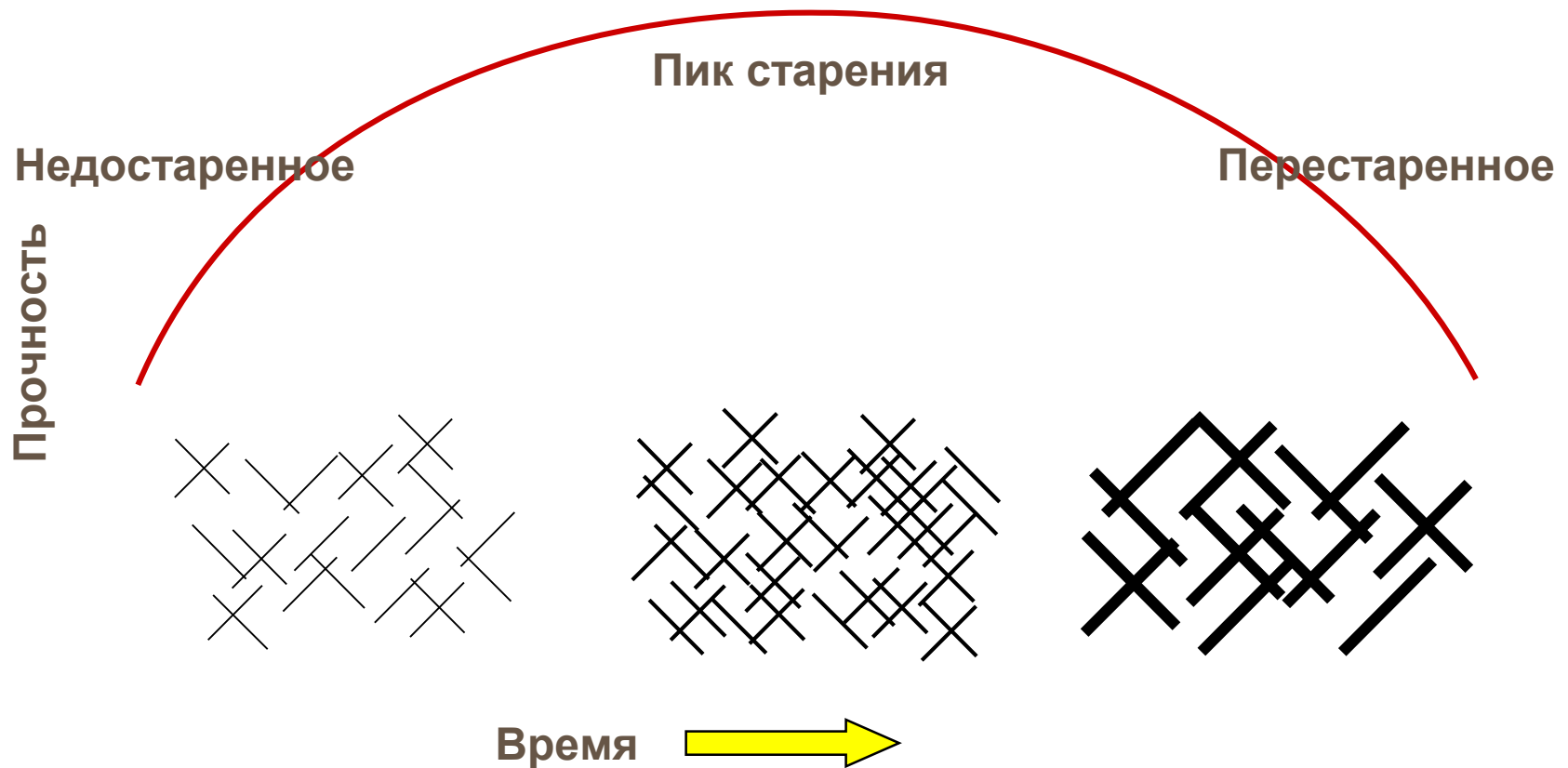
Выполнение испытаний в состоянии после волочения полезно для отслеживания факторов, влияющих на изменения:

новый конечный диаметр

поставка новой катанки

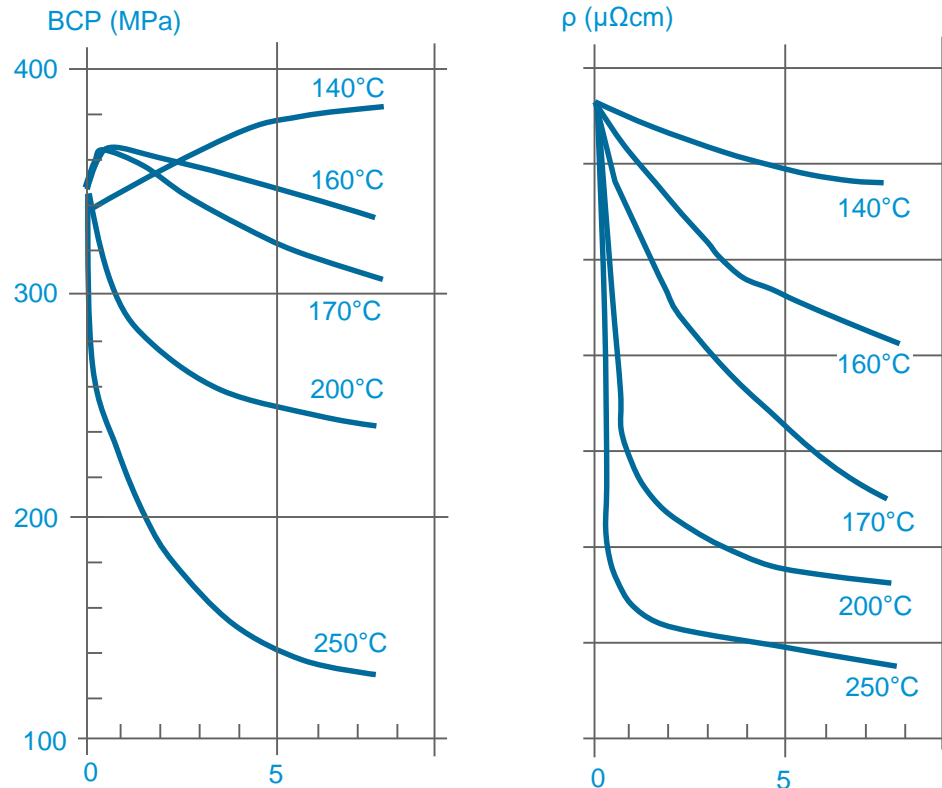
изменения в оборудовании для волочения

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

ВСП

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

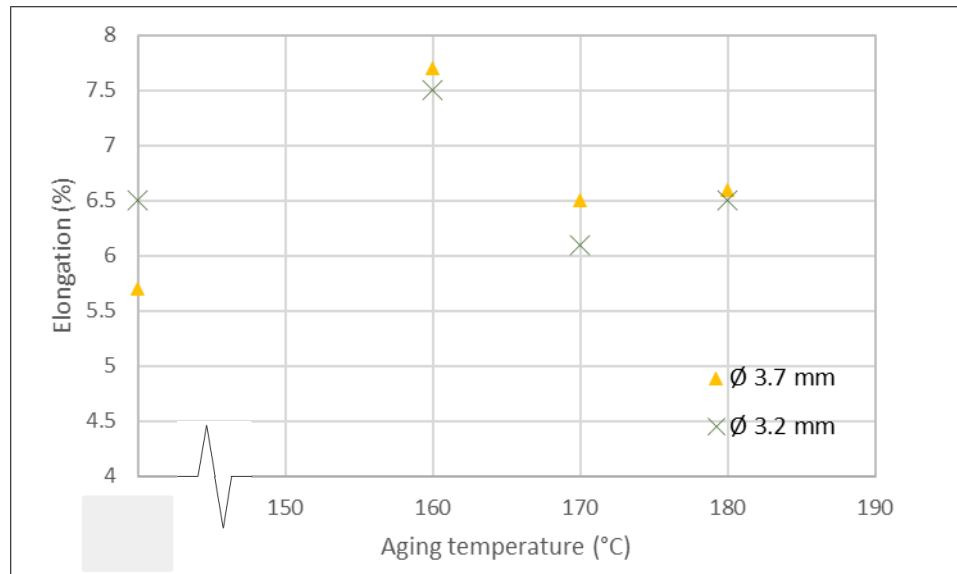
$160^{\circ}\text{C} \leq$ темп. $\leq 170^{\circ}\text{C}$ \rightarrow ВСП увеличивается в течение первого часа и уменьшается в течение большего времени

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

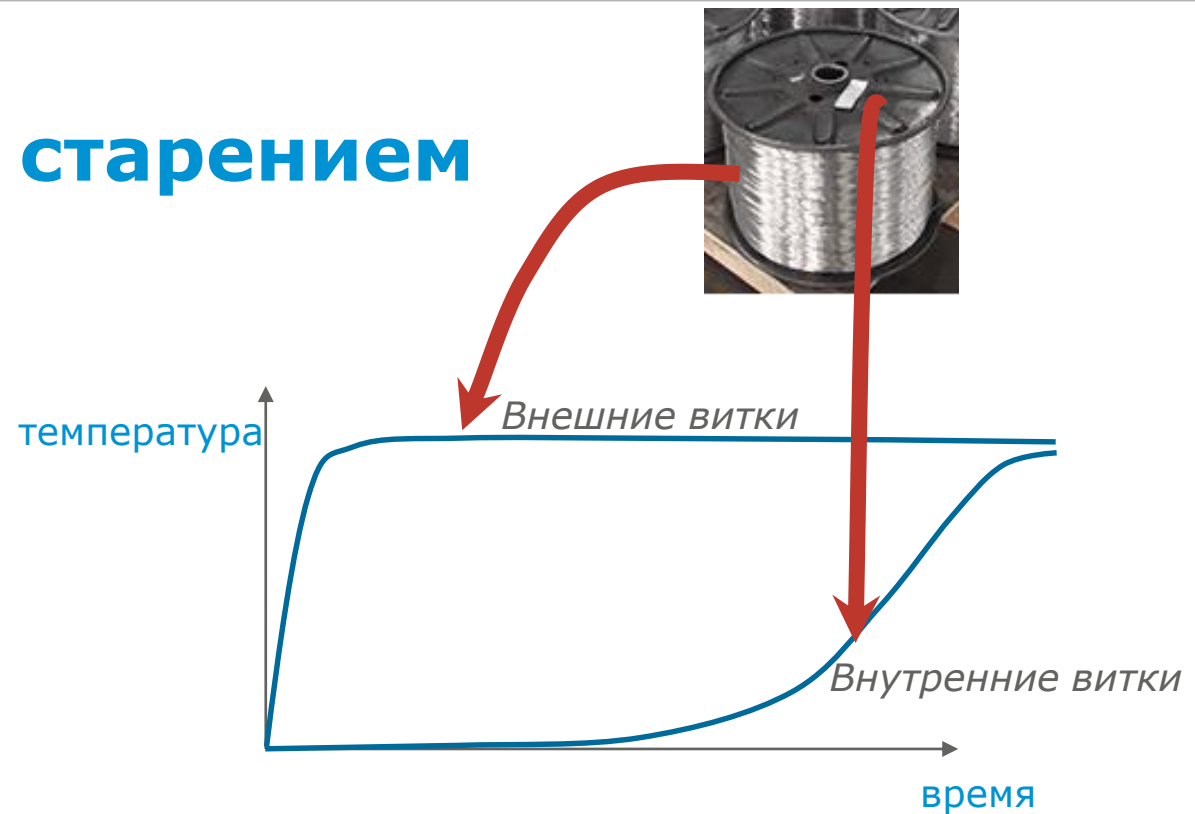
Влияние температуры и времени старения

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?**