



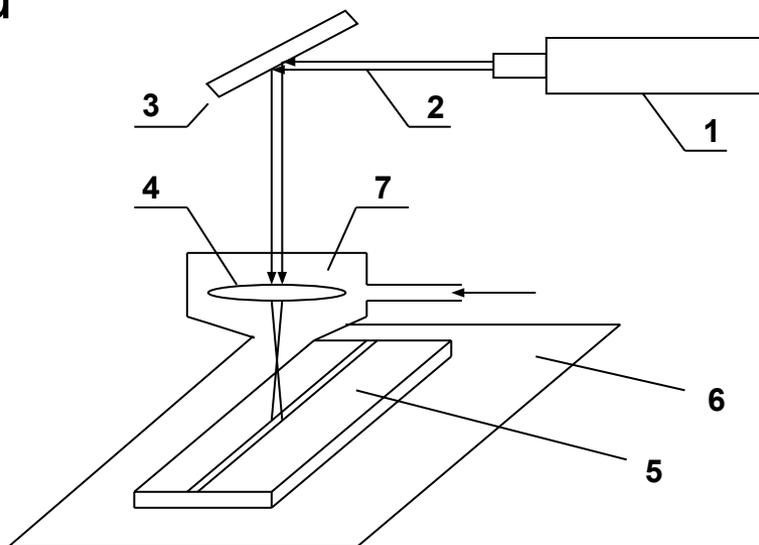
**Применение лазерных методов для упрочнения  
и восстановления деталей машин и  
оборудования  
利用激光方式强化和修复机械设备的零件**

**Девоино Олег Георгиевич,  
доктор технических наук, г. Минск  
捷沃伊纳 阿列克 格奥尔各耶维奇  
科技博士, 居住在明斯克市**



# Лазерная обработка 激光处理

■ **L**ight  
■ **A**mplification  
**BY**  
■ **S**timulated  
■ **E**mission  
**OF**  
■ **R**adiation,



- 1 – лазер;  
激光器
- 2 - луч лазера;  
激光射线
- 3 – поворотное зеркало;  
旋转反射镜
- 4 – оптическая система;  
光学系统
- 5 – обрабатываемый материал;  
可加工材料
- 6 – рабочий стол установки;  
可调节工作面
- 7 – насадка-сопло  
喷管-喷嘴



## ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ 主要的激光处理特性

Возможность получения в зоне воздействия высоких плотностей мощности, недостижимых другими методами, что:

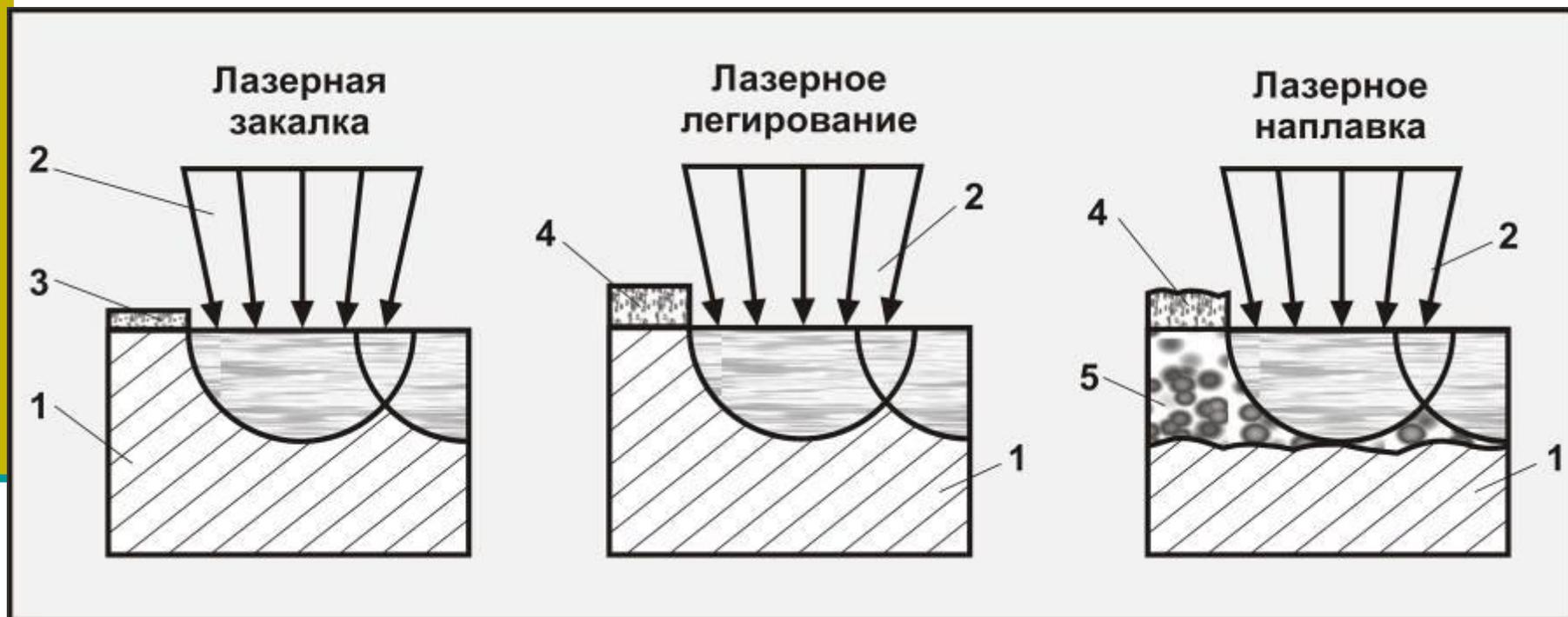
- - позволяет реализовывать термические процессы со сверхвысокими скоростями нагрева и охлаждения поверхностного слоя;
- -可以在热处理过程中使表层快速加热和快速冷却
- -обеспечивает возможность локальной термообработки рабочих поверхностей деталей без их объемного разогрева.
- -保证在表面局部热处理过程中, 零件不会整体加温

Достаточно легкая управляемость лазерным лучом, что касается возможностей:  
该项工艺操作性能简单, 便于使用。

- - автоматизации процесса;
- -自动操作
- - транспортировки луча в зону обработки;
- -在处理区域传送光速
- - точного дозированного энергетического воздействия на заданную точку поверхностного слоя;
- -精密的能源配量在需要处理的表面一点
- - варьирования в достаточно широких пределах режимов лазерной обработки.
- -激光处理会发生很
  - Экологическая чистота лазерных методов обработки.
  - 激光处理使用纯激光能源方式进行



## Виды лазерной поверхностной обработки 激光表面处理形式示意图





ДОСТИГАЕМАЯ ТВЕРДОСТЬ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОЙ  
ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКЕ СТАЛЕЙ И ЧУГУНОВ  
通过激光硬化钢和铸铁表面后, 其硬度相关数据

	<b>Материал 材质</b>	<b>Достигаемая твердость, HV 达到硬度为, 维氏硬度</b>
<b>Стали 钢</b>	Ст3	500...600
	Сталь 45	700...800
	У8	800...1000
	40X	1100...1140
	40X13	1000...1200
	ШХ15	1100...1200
	Х12М	900...1050
	Р18; А11Р3М3Ф2	1040...1070
	Р6М5	1070
<b>Чугуны 铸铁</b>	ВЧ60-2	800...1100
	СЧ24-44	740...1000
	КЧ35-10	600...800



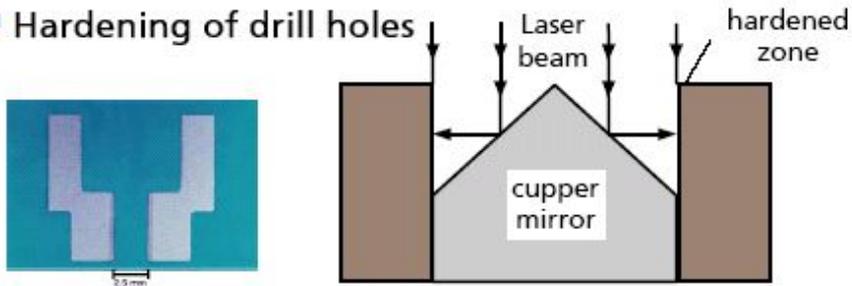
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ДОСТИГАЕМАЯ ТВЕРДОСТЬ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЛАЗЕРНОЙ**  
**ЗАКАЛКЕ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ**

**通过激光硬化有色合金表面后, 其达到的硬度数据**

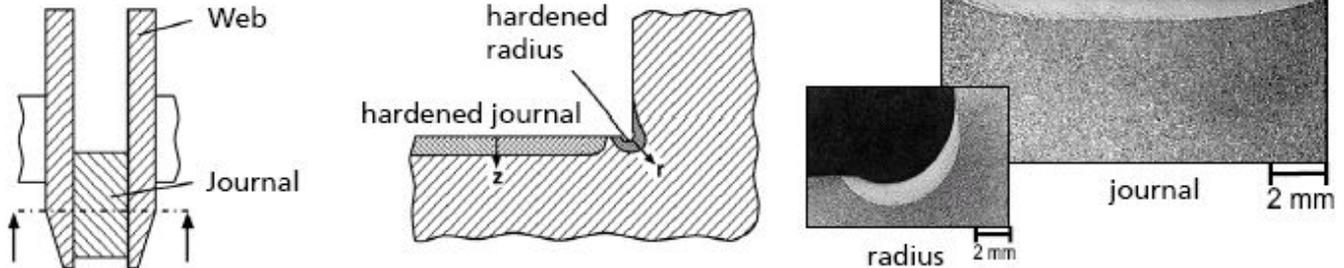
<b>Титановые сплавы</b> <b>含钛合金</b>	<b>ОТ4</b>	<b>800...1600</b>
	<b>ВТ6</b>	<b>770...1650</b>
	<b>ВТ3-1</b>	<b>530...1010</b>
	<b>ВТ16</b>	<b>640...890</b>
<b>Алюминиевые сплавы</b> <b>铝合金</b>	<b>АЛ4</b>	<b>97...179</b>
	<b>АЛ9</b>	<b>95...120</b>
	<b>АЛ10В</b>	<b>120...26</b>
	<b>АЛ25</b>	<b>235...265</b>
	<b>АК5М7</b>	<b>145...260</b>

## Transformation Hardening – Examples (1)

### Hardening of drill holes



### Hardening of crankshafts







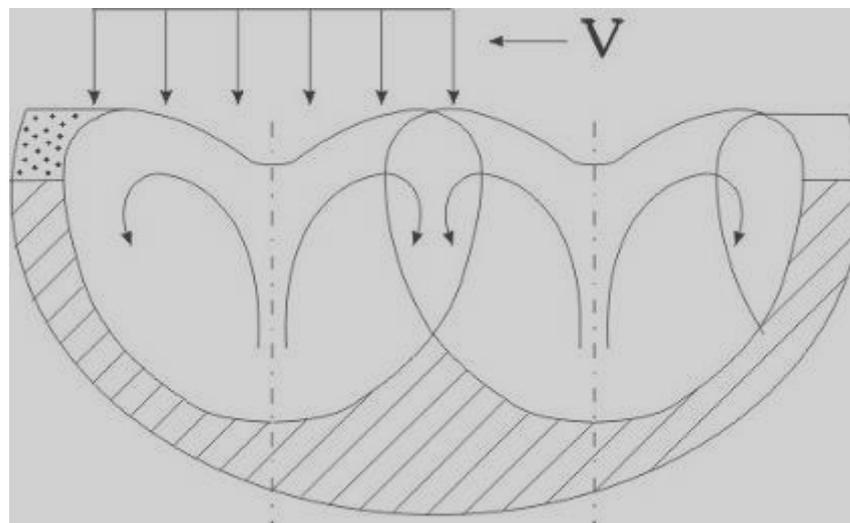
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕХНОЛОГИЯ ЛАЗЕРНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ  
激光炼制合金技术

Достоинства метода  
技术优势

- **поверхностное упрочнение материалов, которые не могут быть упрочнены методами термообработки;**  
**表面加强材料, 不可能进行热处理加强**
- **экономия дорогостоящих легирующих компонентов за счет возможности легирования только функционально нагруженных зон детали.**  
**节约高额的合金化部件。**

Схема лазерного легирования

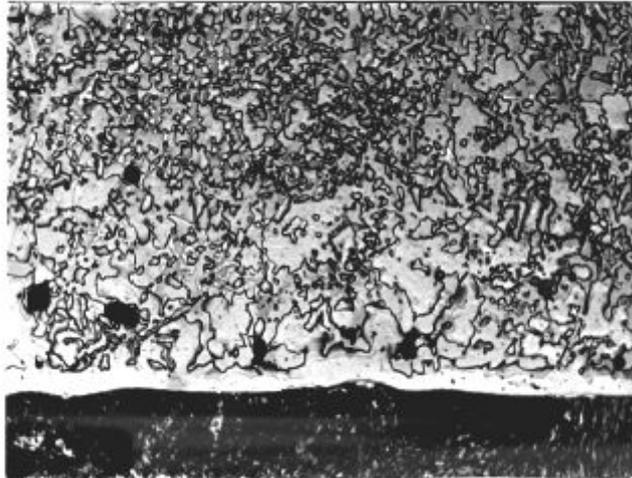
图表, 激光炼制合金



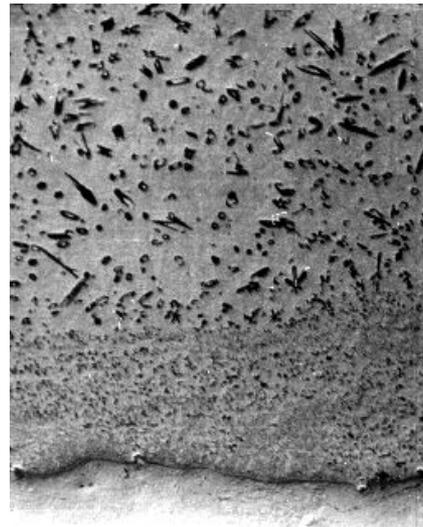


Микроструктуры никелевого сплава  
ПГ-СРЗ после различных видов обработки  
在不同的处理形式下含镍层ПГ-СРЗ的微观组织图

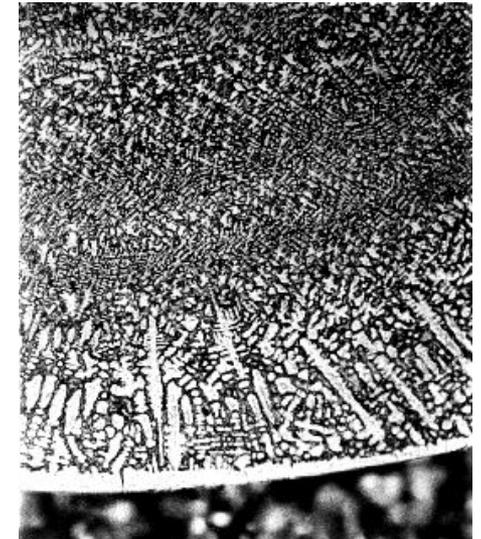
После оплавления  
газопламенной горелкой  
在传统的火焰焊枪处理后



После оплавления лучом лазера  
在激光射线处理后



без  
проплавления  
основы  
没有熔化原则的



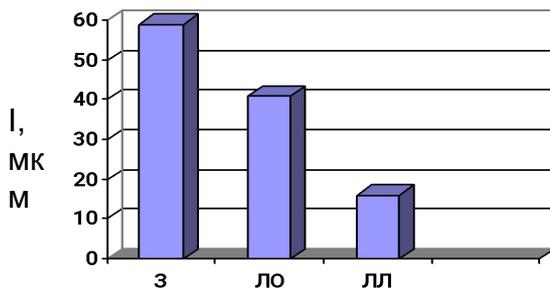
с  
гарантированным  
проплавлением  
основы  
具有熔化原则的



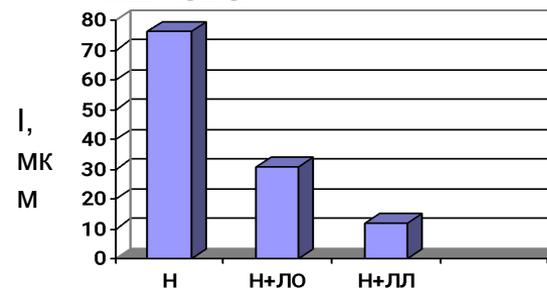
# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ СПЛАВОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ОБРАБОТКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПРЕСС-ИСПЫТАНИЙ

## 对比耐磨合金在不同的形式下的处理结果

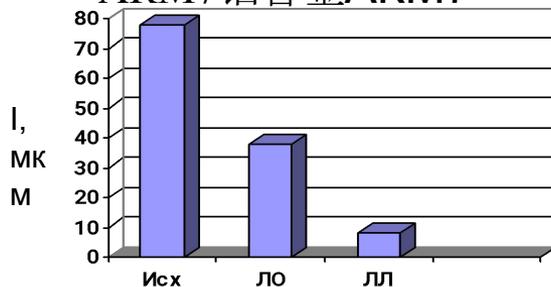
Сталь 45



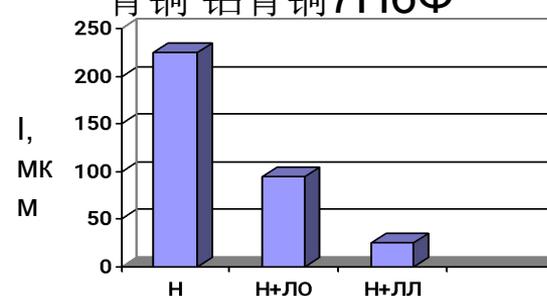
Никелевый сплав ПГ-СРЗ



Алюминиевый сплав АКМ7  
铝合金 АКМ7



Бронза БрА7Н6Ф  
青铜 铝青铜7Н6Ф



З – объемная закалка 整体淬火, ЛО – лазерная термообработка 激光热处理, ЛЛ- лазерное легирование 激光炼制合金, Н – газотермическое напыление, 气热喷镀 Исх – состояние поставки 供应情况



Вал насоса с восстановленными шейками под подшипник

泵轴与修复轴颈下的轴承



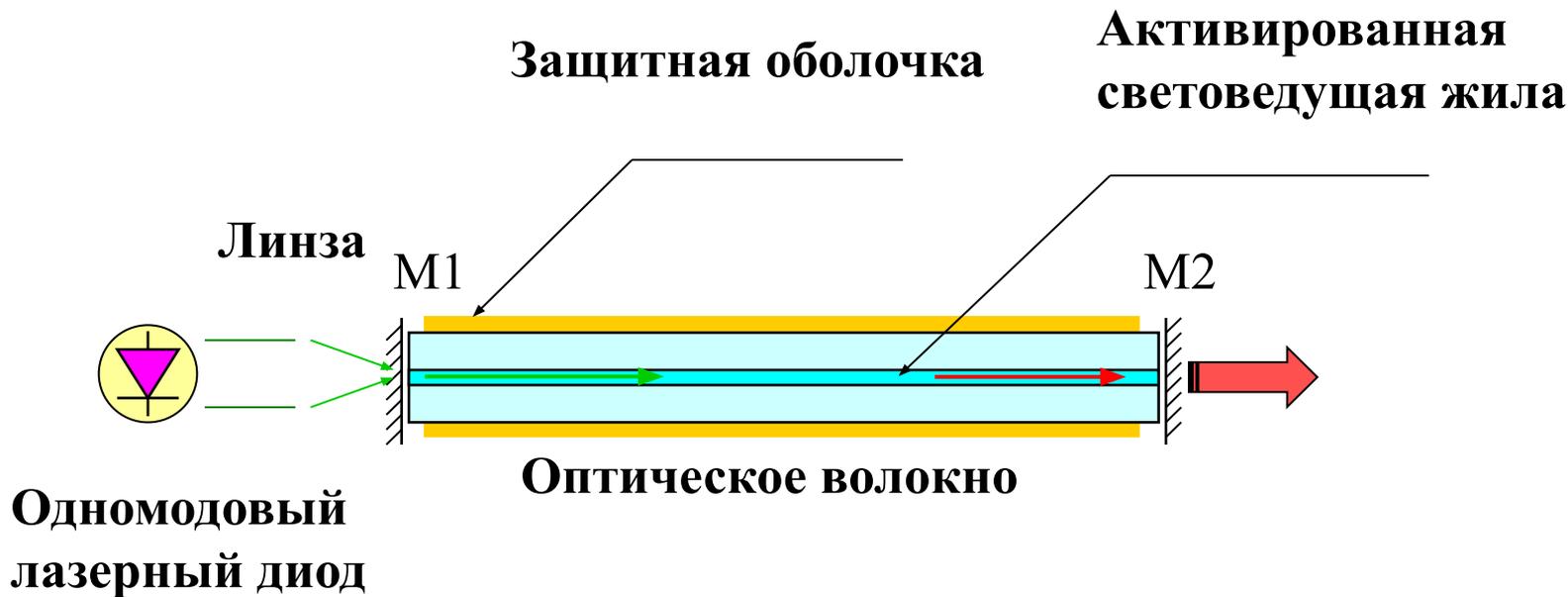


**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**Картер насоса с восстановленными**  
**посадочными местами под подшипники**  
**泵箱和修复的基础轴承**





## *ВЛ с одномодовой накачкой*





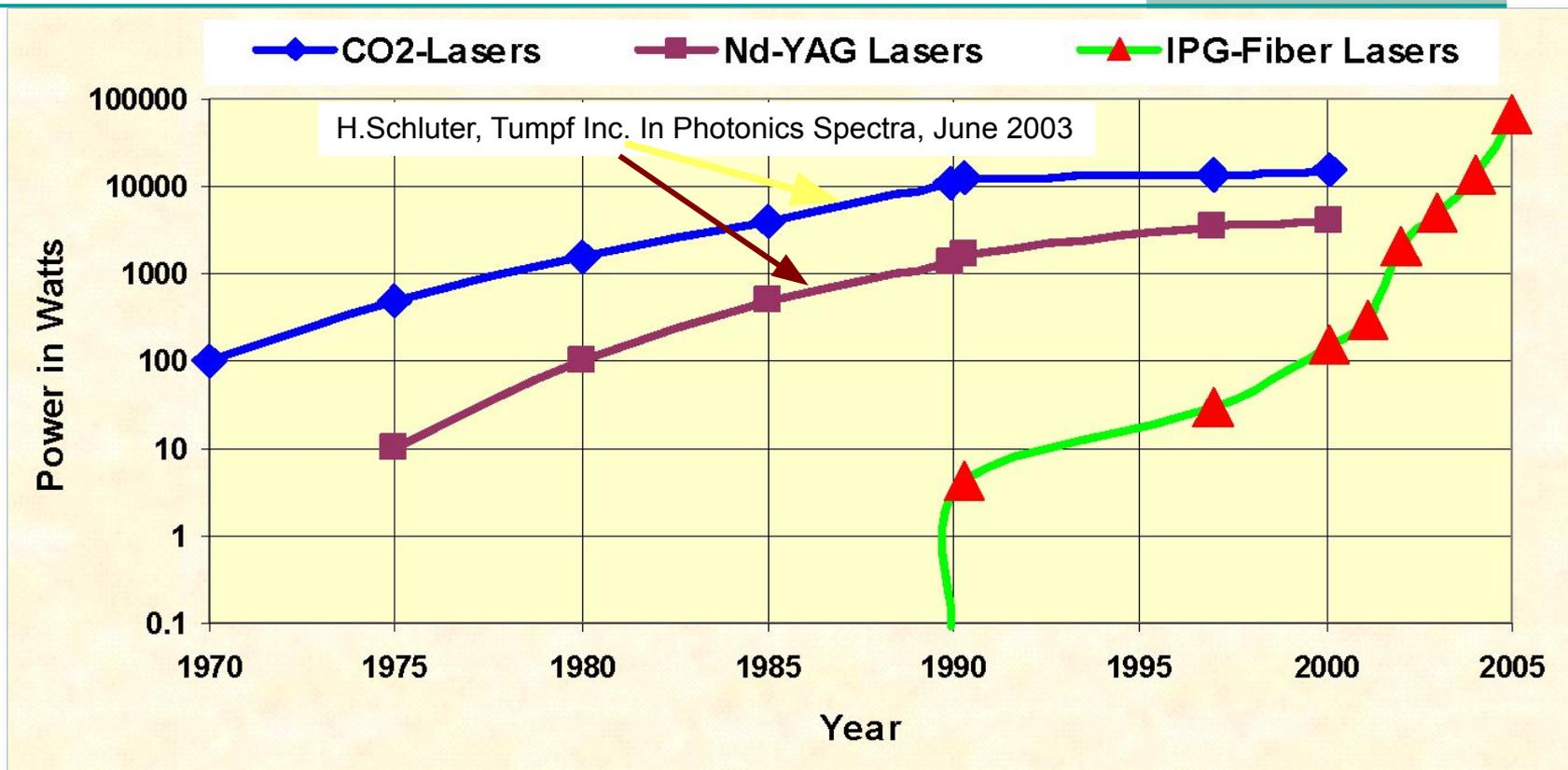
## Основные преимущества волоконных лазеров

- **1. Интегральная технология (не требуется юстировок, устойчивы к пыли, влаге и механическим воздействиям).**
- **2. Малые габариты.**
- **3. Высокий КПД.**
- **4. Высокая надежность.**
- **5. Простые требования к техническому обслуживанию.**
- **6. Исходно решен вопрос доставки излучения по волоконному световоду.**
- **7. Потенциально низкая стоимость.**





## История развития лазеров





**Спасибо за внимание**  
**谢谢您的关注**