



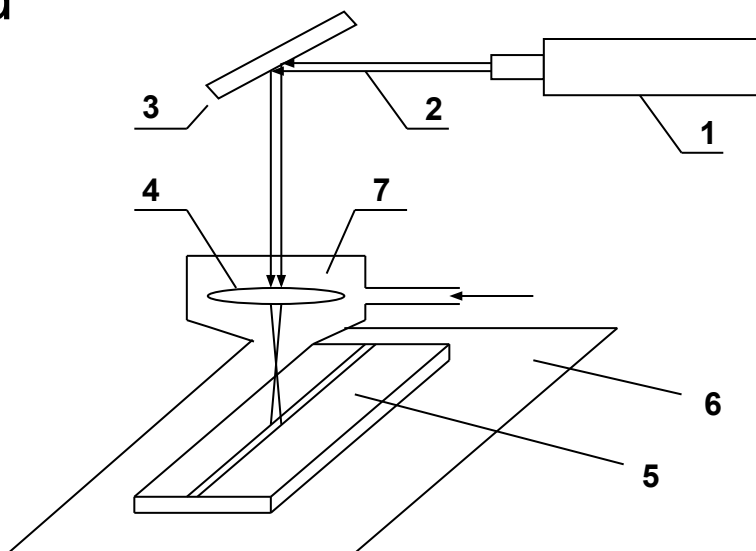
**Применение лазерных методов для упрочнения  
и восстановления деталей машин и  
оборудования  
利用激光方式强化和修复机械设备的零件**

**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:

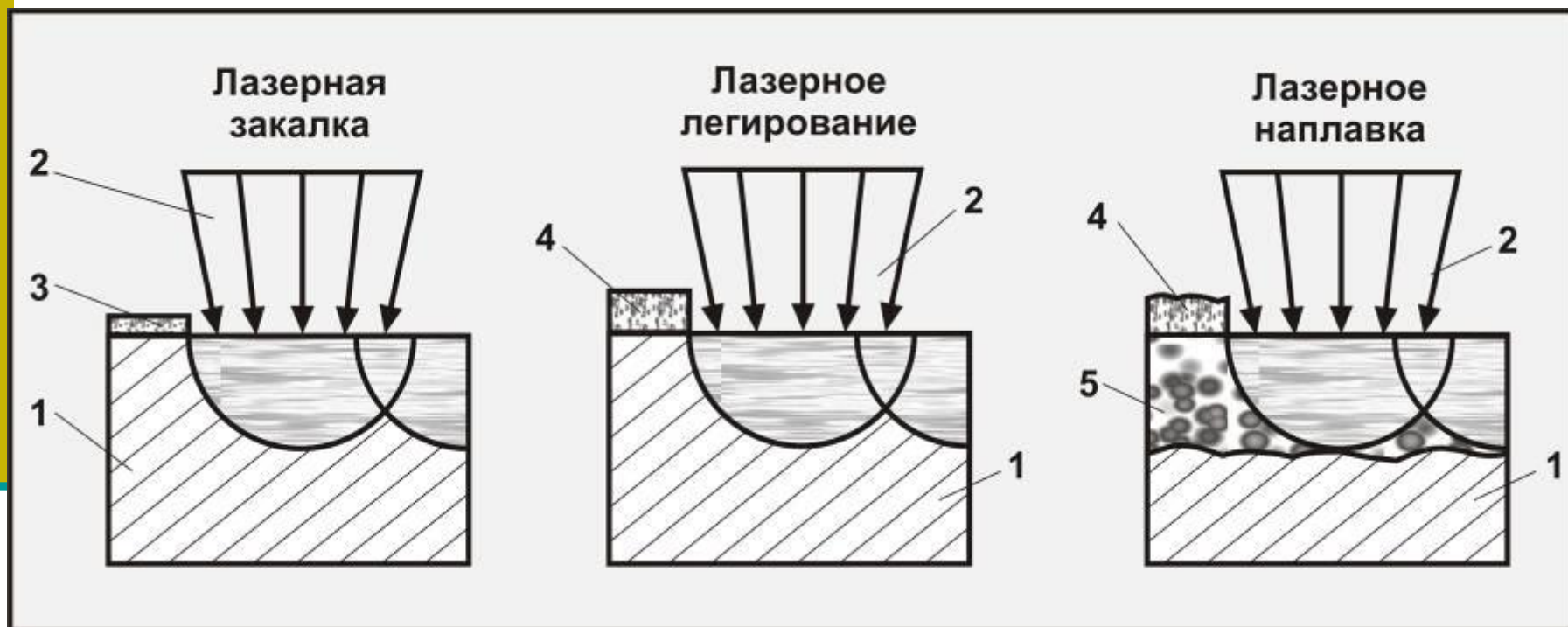
- - позволяет реализовывать термические процессы со сверхвысокими скоростями нагрева и охлаждения поверхностного слоя;
- -可以在热处理过程中使表层快速加热和快速冷却
- -обеспечивает возможность локальной термообработки рабочих поверхностей деталей без их объемного разогрева.
- -保证在表面局部热处理过程中, 零件不会整体加温

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
	X12M	900...1050
	P18; A11P3M3Φ2	1040...1070
	P6M5	1070
<b>Чугуны 铸铁</b>	ВЧ60-2	800...1100
	СЧ24-44	740...1000
	КЧ35-10	600...800



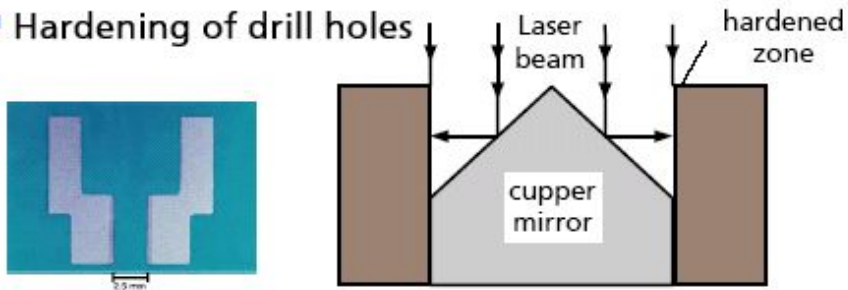
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ДОСТИГАЕМАЯ ТВЕРДОСТЬ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЛАЗЕРНОЙ**  
**ЗАКАЛКЕ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ**

**通过激光硬化有色合金表面后, 其达到的硬度数据**

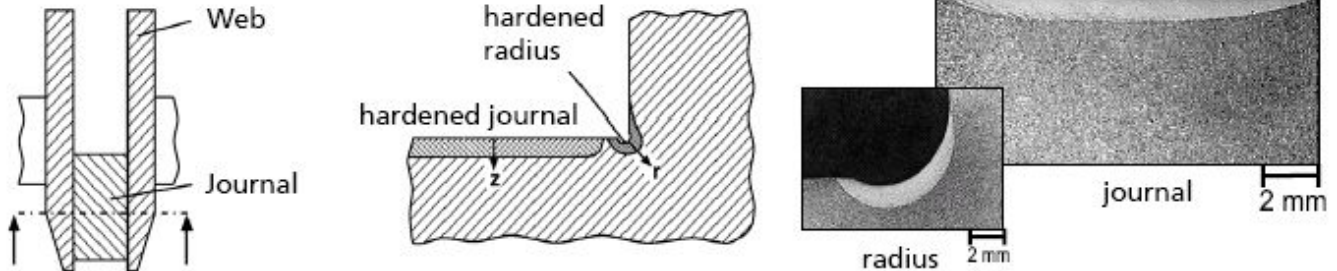
<b>Титановые сплавы</b> <b>含钛合金</b>	<b>ОТ4</b>	<b>800...1600</b>
	<b>ВТ6</b>	<b>770...1650</b>
	<b>ВТ3-1</b>	<b>530...1010</b>
	<b>ВТ16</b>	<b>640...890</b>
<b>Алюминиевые сплавы</b> <b>铝合金</b>	<b>АЛ4</b>	<b>97...179</b>
	<b>АЛ9</b>	<b>95...120</b>
	<b>АЛ10В</b>	<b>120...26</b>
	<b>АЛ25</b>	<b>235...265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

## Transformation Hardening – Examples (1)

### Hardening of drill holes



### Hardening of crankshafts

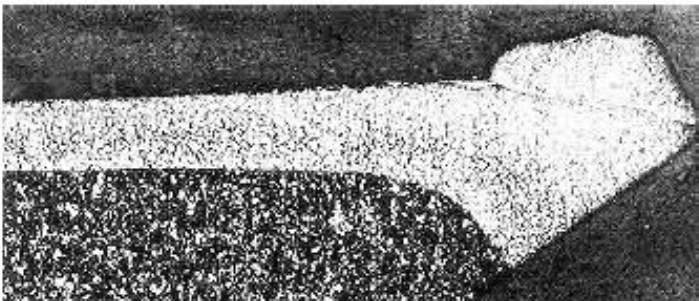


PLAZMO-COATING-TECHNOLOGIES-2005-Abstracts-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135-136-137-138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155-156-157-158-159-160-161-162-163-164-165-166-167-168-169-170-171-172-173-174-175-176-177-178-179-180-181-182-183-184-185-186-187-188-189-190-191-192-193-194-195-196-197-198-199-200-201-202-203-204-205-206-207-208-209-210-211-212-213-214-215-216-217-218-219-220-221-222-223-224-225-226-227-228-229-230-231-232-233-234-235-236-237-238-239-240-241-242-243-244-245-246-247-248-249-250-251-252-253-254-255-256-257-258-259-260-261-262-263-264-265-266-267-268-269-270-271-272-273-274-275-276-277-278-279-280-281-282-283-284-285-286-287-288-289-290-291-292-293-294-295-296-297-298-299-300-301-302-303-304-305-306-307-308-309-310-311-312-313-314-315-316-317-318-319-320-321-322-323-324-325-326-327-328-329-330-331-332-333-334-335-336-337-338-339-340-341-342-343-344-345-346-347-348-349-350-351-352-353-354-355-356-357-358-359-360-361-362-363-364-365-366-367-368-369-370-371-372-373-374-375-376-377-378-379-380-381-382-383-384-385-386-387-388-389-390-391-392-393-394-395-396-397-398-399-400-401-402-403-404-405-406-407-408-409-410-411-412-413-414-415-416-417-418-419-420-421-422-423-424-425-426-427-428-429-430-431-432-433-434-435-436-437-438-439-440-441-442-443-444-445-446-447-448-449-450-451-452-453-454-455-456-457-458-459-460-461-462-463-464-465-466-467-468-469-470-471-472-473-474-475-476-477-478-479-480-481-482-483-484-485-486-487-488-489-490-491-492-493-494-495-496-497-498-499-500-501-502-503-504-505-506-507-508-509-510-511-512-513-514-515-516-517-518-519-520-521-522-523-524-525-526-527-528-529-530-531-532-533-534-535-536-537-538-539-540-541-542-543-544-545-546-547-548-549-550-551-552-553-554-555-556-557-558-559-560-561-562-563-564-565-566-567-568-569-570-571-572-573-574-575-576-577-578-579-580-581-582-583-584-585-586-587-588-589-590-591-592-593-594-595-596-597-598-599-600-601-602-603-604-605-606-607-608-609-610-611-612-613-614-615-616-617-618-619-620-621-622-623-624-625-626-627-628-629-630-631-632-633-634-635-636-637-638-639-640-641-642-643-644-645-646-647-648-649-650-651-652-653-654-655-656-657-658-659-660-661-662-663-664-665-666-667-668-669-670-671-672-673-674-675-676-677-678-679-680-681-682-683-684-685-686-687-688-689-690-691-692-693-694-695-696-697-698-699-700-701-702-703-704-705-706-707-708-709-710-711-712-713-714-715-716-717-718-719-720-721-722-723-724-725-726-727-728-729-730-731-732-733-734-735-736-737-738-739-740-741-742-743-744-745-746-747-748-749-750-751-752-753-754-755-756-757-758-759-760-761-762-763-764-765-766-767-768-769-770-771-772-773-774-775-776-777-778-779-780-781-782-783-784-785-786-787-788-789-790-791-792-793-794-795-796-797-798-799-800-801-802-803-804-805-806-807-808-809-810-811-812-813-814-815-816-817-818-819-820-821-822-823-824-825-826-827-828-829-830-831-832-833-834-835-836-837-838-839-840-841-842-843-844-845-846-847-848-849-850-851-852-853-854-855-856-857-858-859-860-861-862-863-864-865-866-867-868-869-870-871-872-873-874-875-876-877-878-879-880-881-882-883-884-885-886-887-888-889-890-891-892-893-894-895-896-897-898-899-900-901-902-903-904-905-906-907-908-909-910-911-912-913-914-915-916-917-918-919-920-921-922-923-924-925-926-927-928-929-930-931-932-933-934-935-936-937-938-939-940-941-942-943-944-945-946-947-948-949-950-951-952-953-954-955-956-957-958-959-960-961-962-963-964-965-966-967-968-969-970-971-972-973-974-975-976-977-978-979-980-981-982-983-984-985-986-987-988-989-990-991-992-993-994-995-996-997-998-999-1000

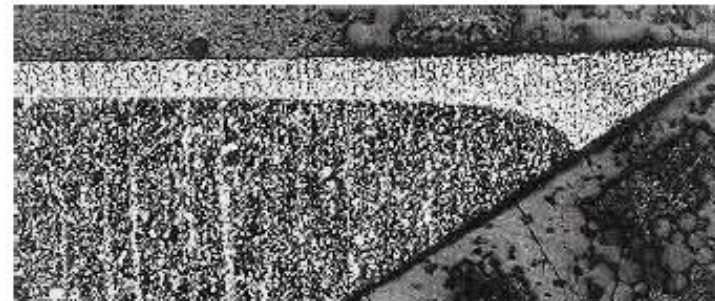
## Transformation Hardening – Examples (3)

### Hardening of edges

- Hardening of knife (C60, 500 W CO<sub>2</sub>, 300 mm/min)



without temperature control



with temperature control





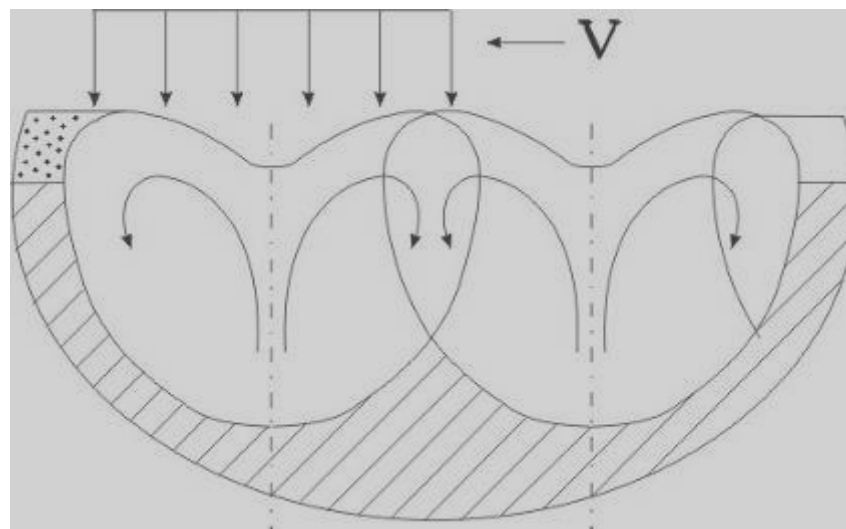
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕХНОЛОГИЯ ЛАЗЕРНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ  
激光炼制合金技术

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

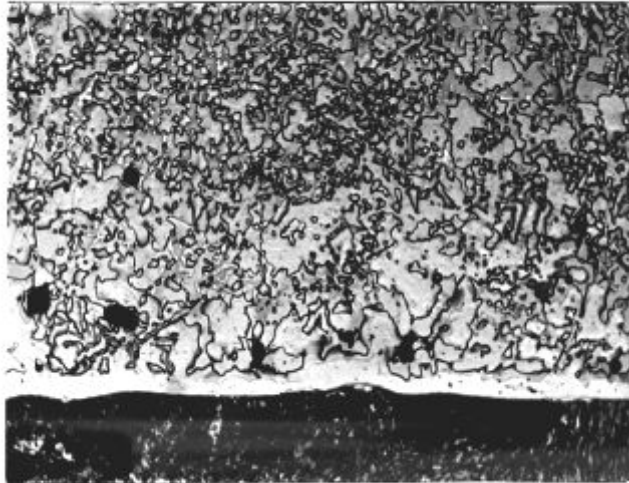
图表, 激光炼制合金



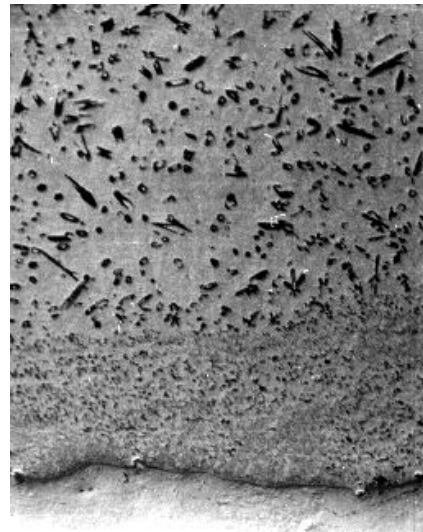


Микроструктуры никелевого сплава  
ПГ-СРЗ после различных видов обработки  
在不同的处理形式下含镍层ПГ-СРЗ的微观组织图

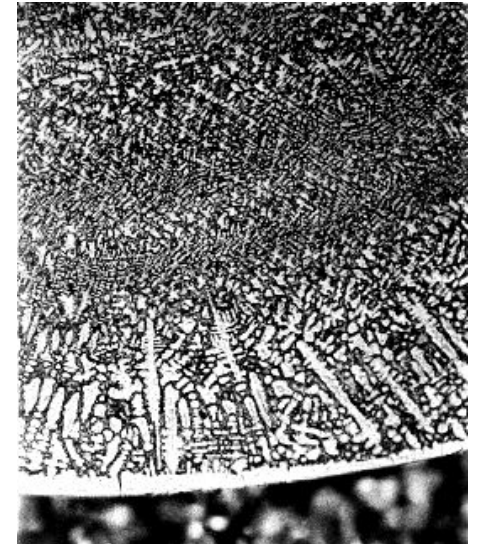
После оплавления  
газопламенной горелкой  
在传统的火焰焊枪处理后



После оплавления лучом лазера  
在激光射线处理后



без  
проплавления  
основы  
没有熔化原则的



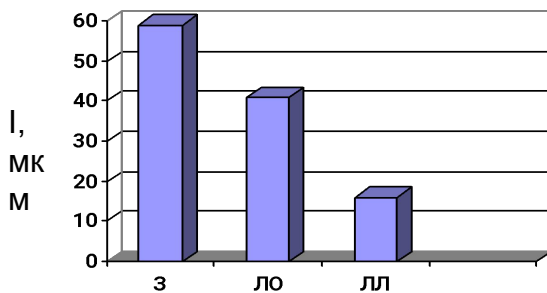
с  
гарантированным  
проплавлением  
основы  
具有熔化原则的



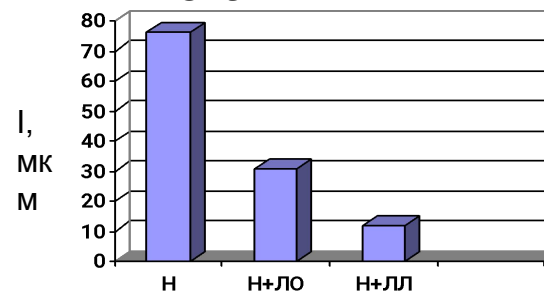
# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ СПЛАВОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ОБРАБОТКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПРЕСС-ИСПЫТАНИЙ

## 对比耐磨合金在不同的形式下的处理结果

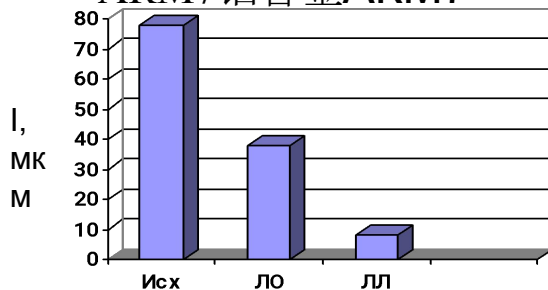
Сталь 45



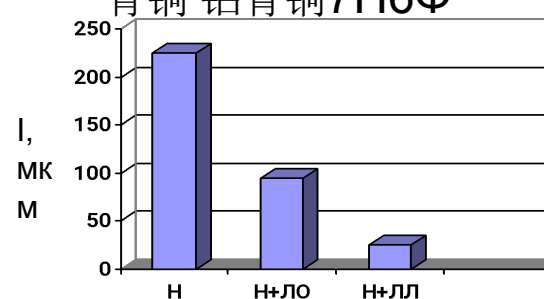
Никелевый сплав ПГ-СРЗ



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



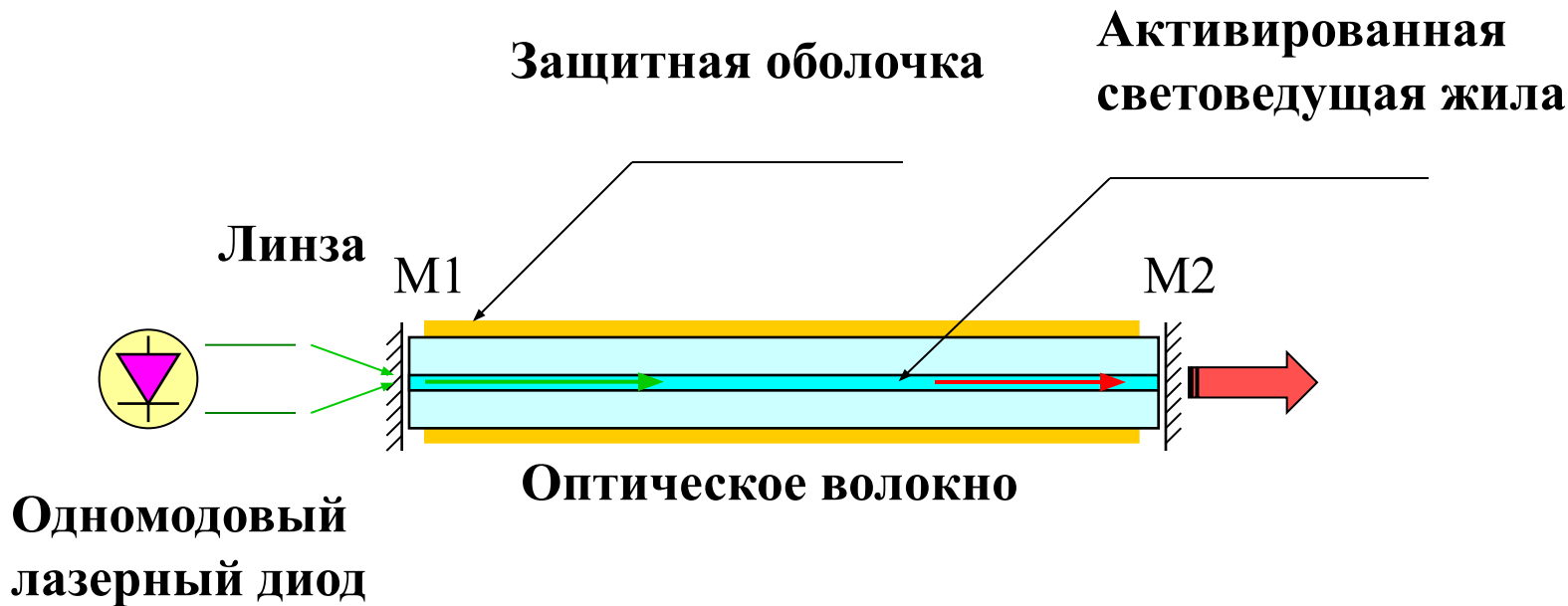


**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**Картер насоса с восстановленными**  
**посадочными местами под подшипники**  
**泵箱和修复的基础轴承**





## *ВЛ с одномодовой накачкой*





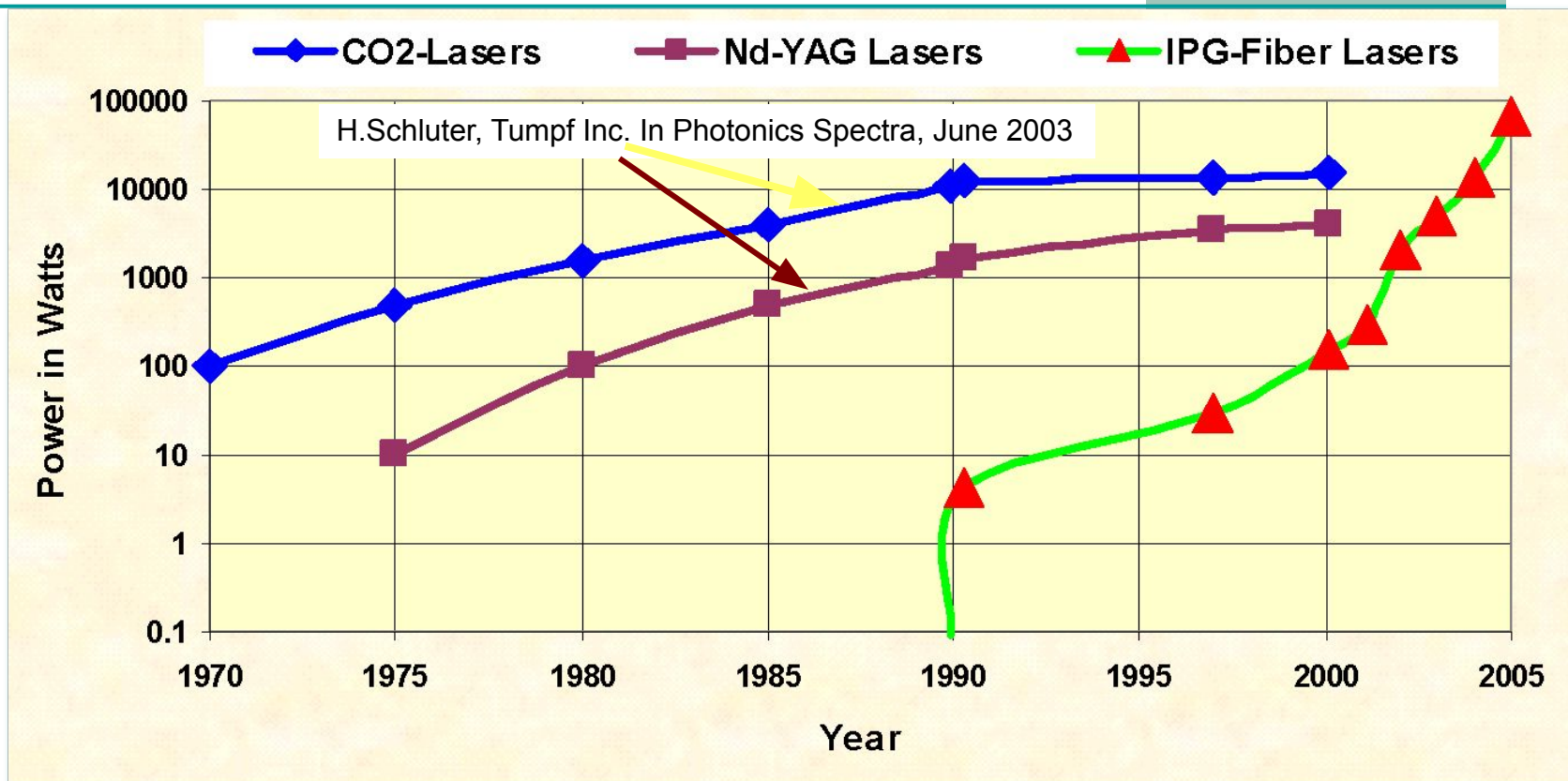
## Основные преимущества волоконных лазеров

- **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**