



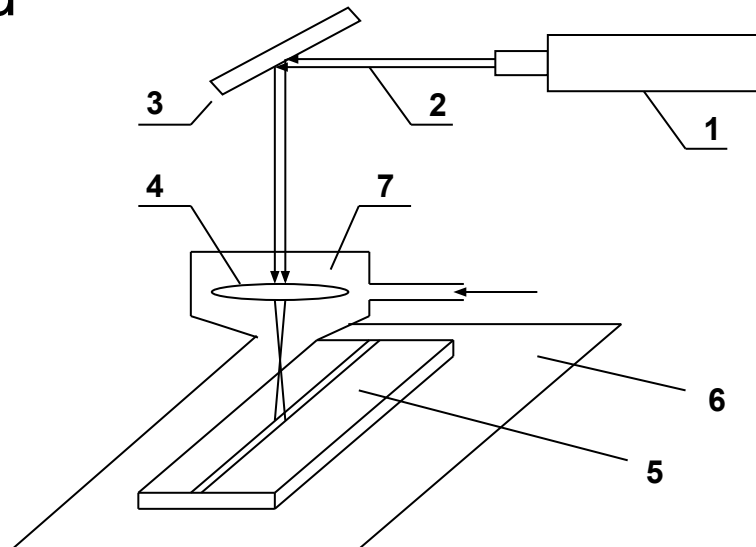
**Применение лазерных методов для упрочнения
и восстановления деталей машин и
оборудования
利用激光方式强化和修复机械设备的零件**

**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:

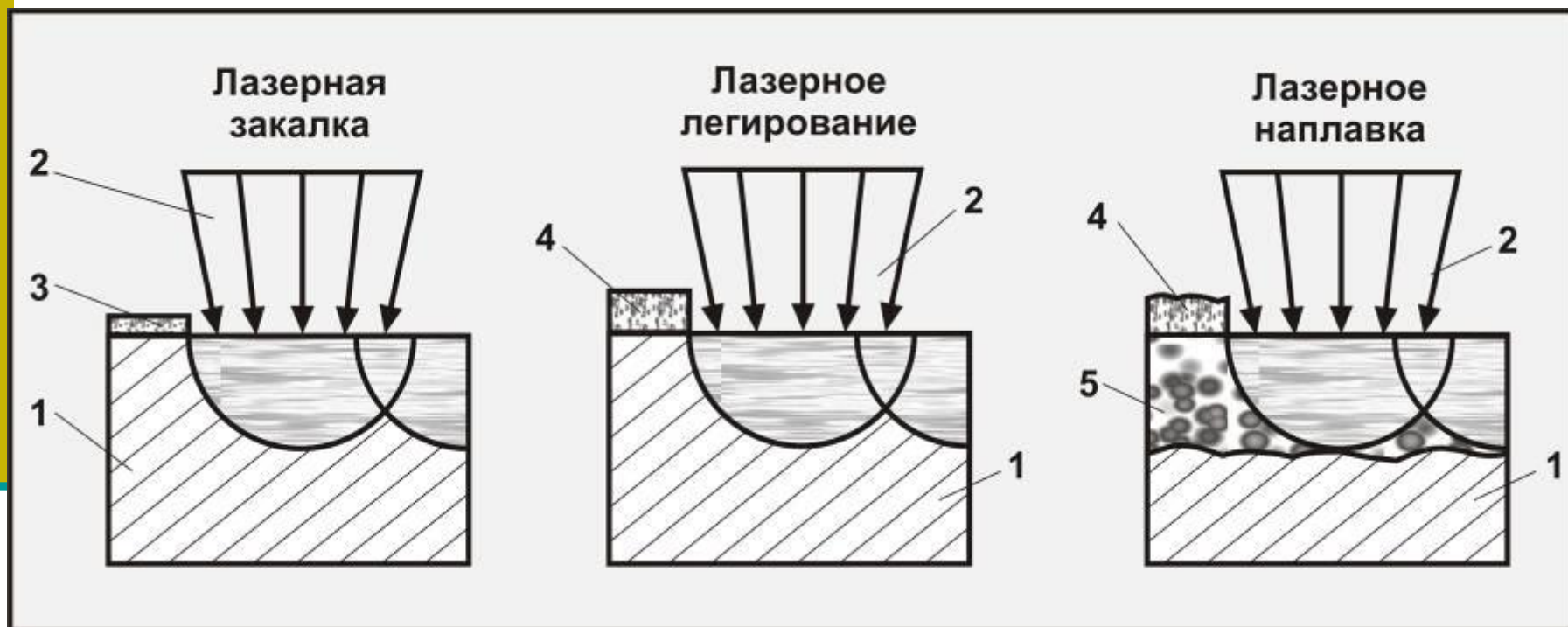
- - позволяет реализовывать термические процессы со сверхвысокими скоростями нагрева и охлаждения поверхностного слоя;
- -可以在热处理过程中使表层快速加热和快速冷却
- -обеспечивает возможность локальной термообработки рабочих поверхностей деталей без их объемного разогрева.
- -保证在表面局部热处理过程中, 零件不会整体加温

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

	Материал 材质	Достигаемая твердость, HV 达到硬度为, 维氏硬度
Стали 钢	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
Чугуны 铸铁	ВЧ60-2	800...1100
	СЧ24-44	740...1000
	КЧ35-10	600...800



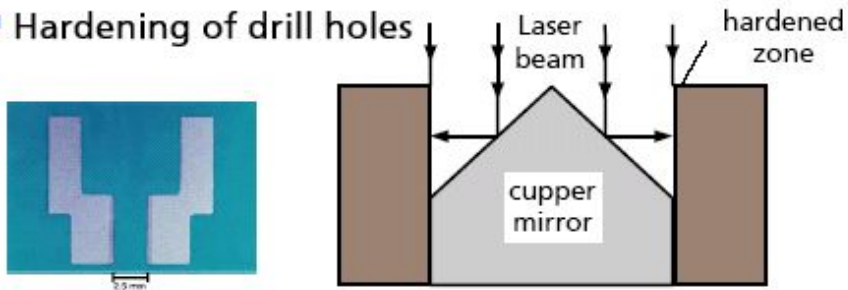
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ДОСТИГАЕМАЯ ТВЕРДОСТЬ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЛАЗЕРНОЙ
ЗАКАЛКЕ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ

通过激光硬化有色合金表面后, 其达到的硬度数据

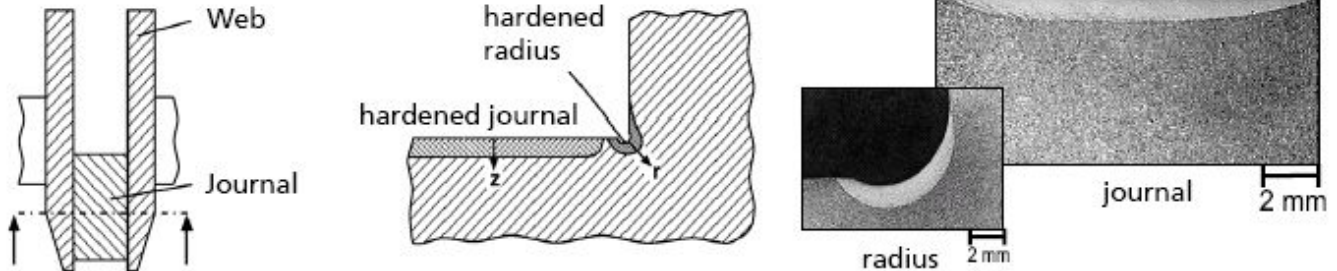
Титановые сплавы 含钛合金	ОТ4	800...1600
	ВТ6	770...1650
	ВТ3-1	530...1010
	ВТ16	640...890
Алюминиевые сплавы 铝合金	АЛ4	97...179
	АЛ9	95...120
	АЛ10В	120...26
	АЛ25	235...265
	АК5М7	145...260

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 CO₂, 300 mm/min)



without temperature control



with temperature control



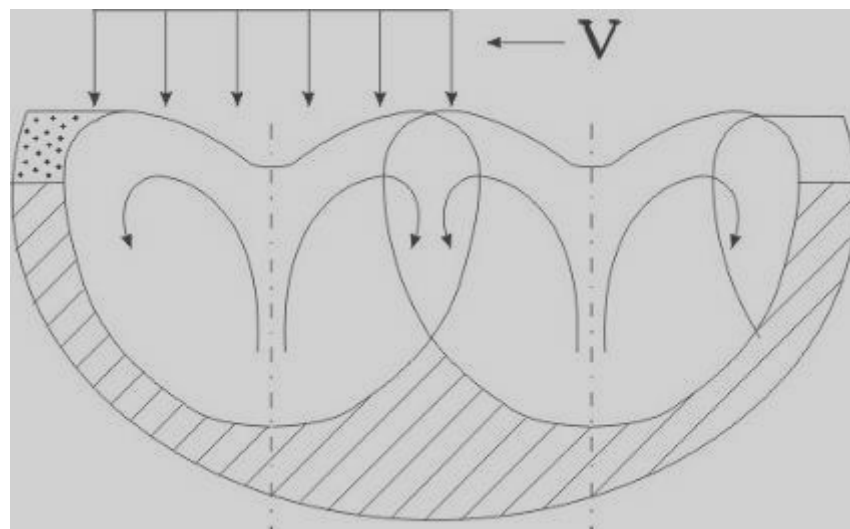
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГИЯ ЛАЗЕРНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ
激光炼制合金技术

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

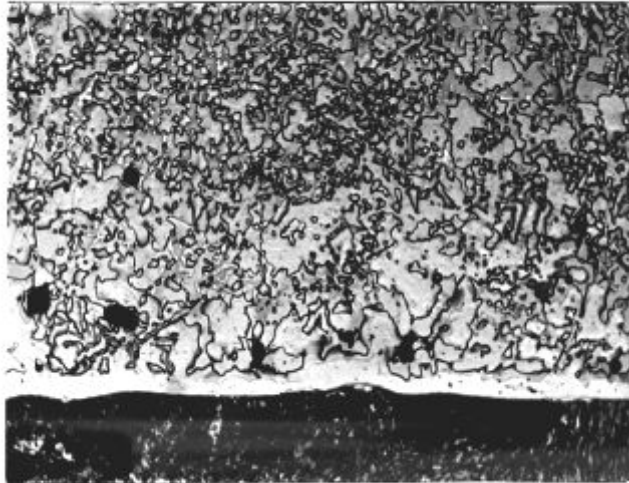
图表, 激光炼制合金



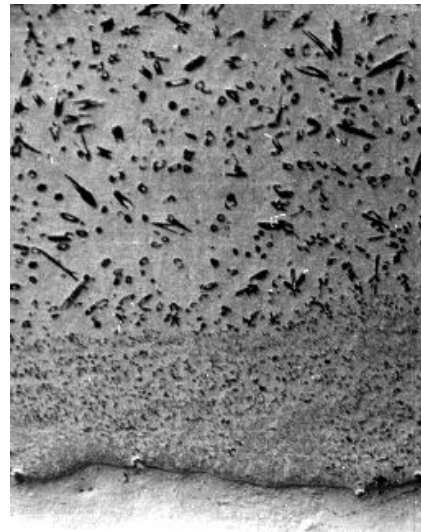


Микроструктуры никелевого сплава
ПГ-СРЗ после различных видов обработки
在不同的处理形式下含镍层ПГ-СРЗ的微观组织图

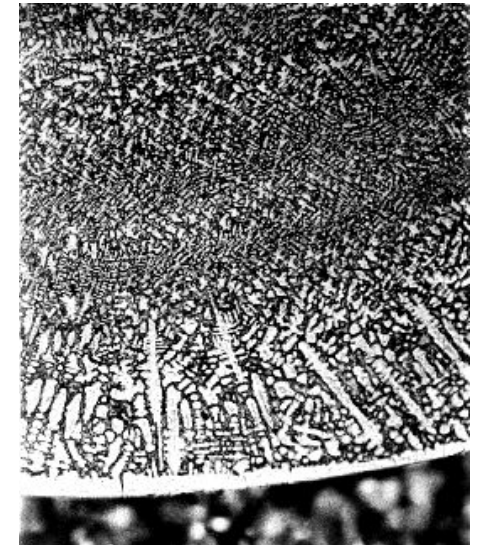
После оплавления
газопламенной горелкой
在传统的火焰焊枪处理后



После оплавления лучом лазера
在激光射线处理后



без
проплавления
основы
没有熔化原则的



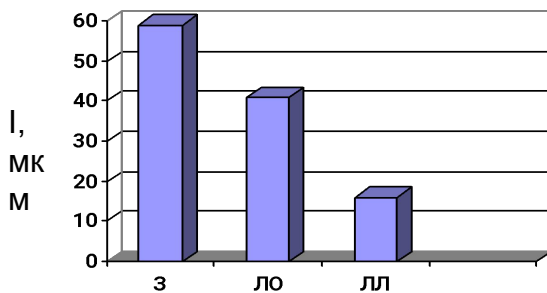
с
гарантированным
проплавлением
основы
具有熔化原则的



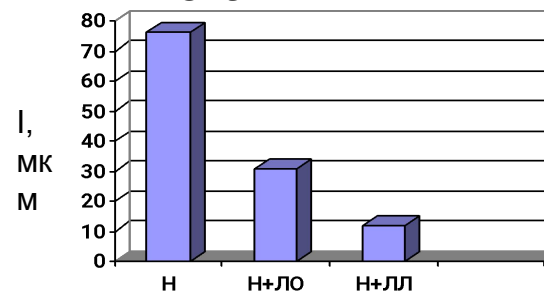
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ СПЛАВОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ОБРАБОТКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПРЕСС-ИСПЫТАНИЙ

对比耐磨合金在不同的形式下的处理结果

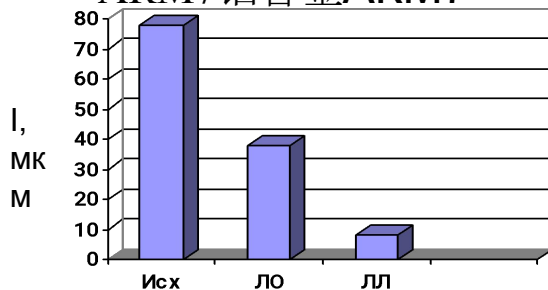
Сталь 45



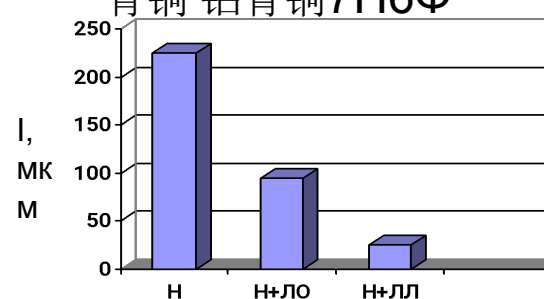
Никелевый сплав ПГ-СРЗ



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



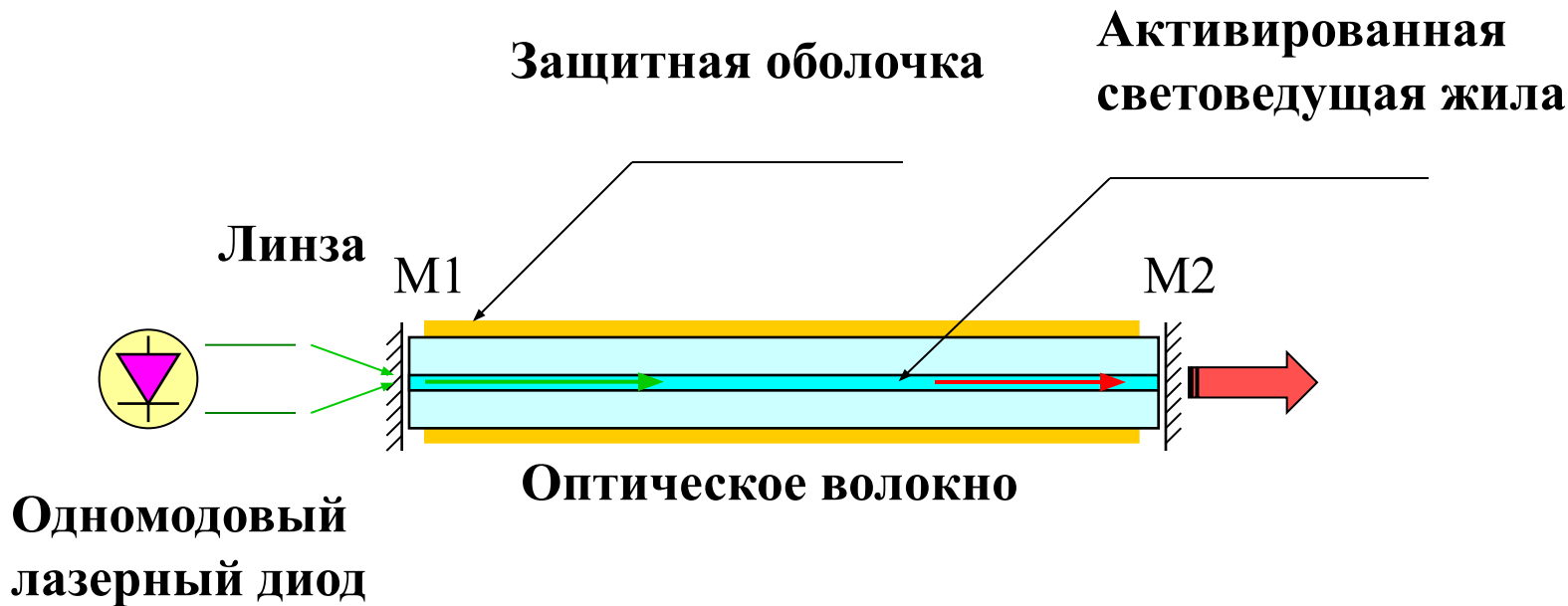


БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Картер насоса с восстановленными
посадочными местами под подшипники
泵箱和修复的基础轴承





ВЛ с одномодовой накачкой





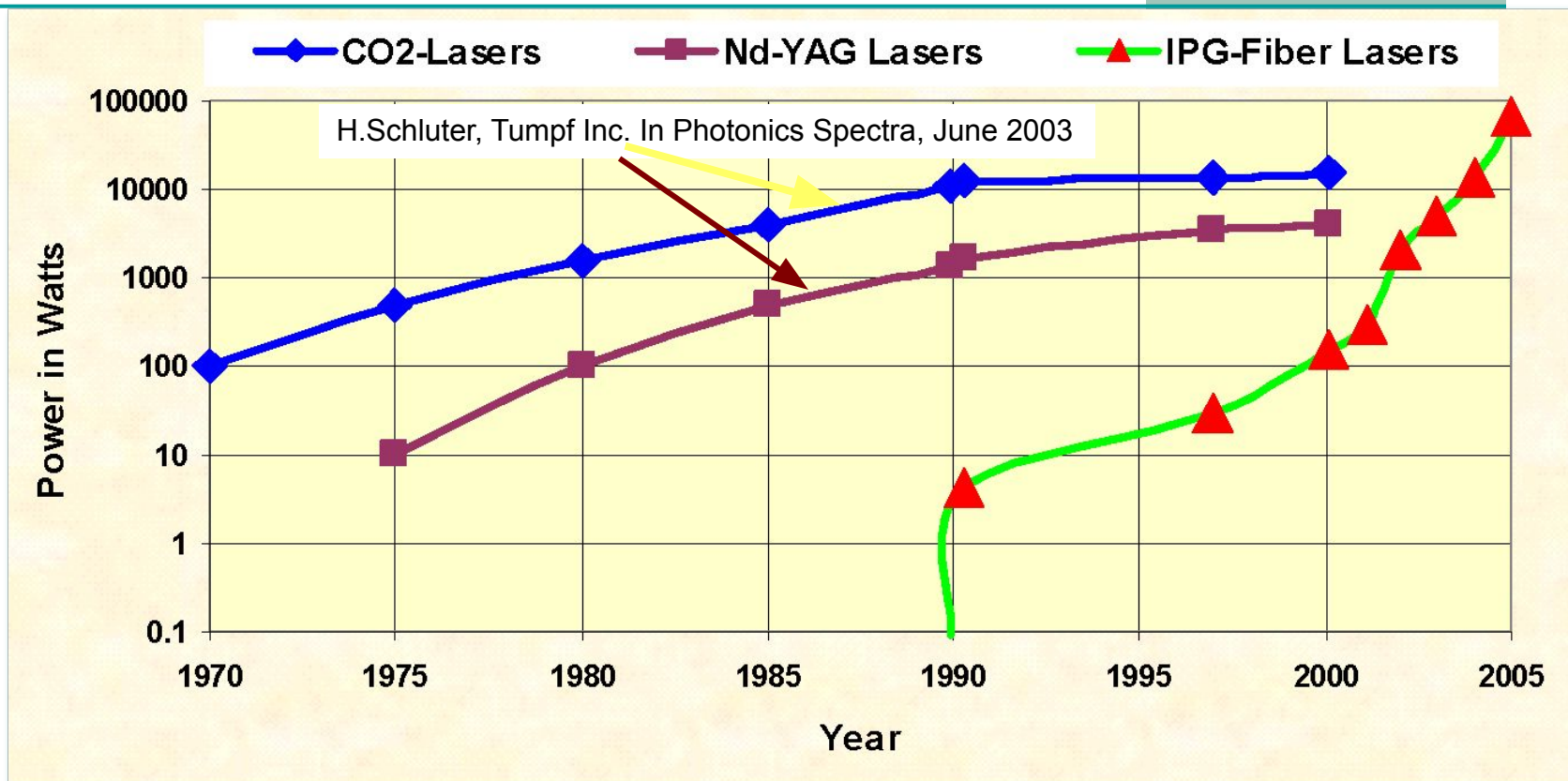
Основные преимущества волоконных лазеров

- **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