

O EMPREGO DE COMPUTADORES
NO CONTROLE DE FORNOS DE RECOZIMENTO
PARA LAMINAÇÃO À FRIO.

POR

ENG. K.H. WEISSHIN

RESUMO

A evolução dos sistemas de controle dos fornos de recozimento em função do crescimento das instalações.

Considerações sobre os diferentes processos de automatização.

A implantação de computadores para o controle do processo de recozimento.

Dados experimentais e resultados obtidos com o emprego de micro-computadores.

Considerações sobre a operação automática dos processos des -
contínuos de avaliação do recozimento a partir do controle di-
reto pelo computador, rendimento da instalação, segurança e
homogeneidade do produto.

T R A D U Ç Ã O

O EMPREGO DE COMPUTADORES

NO CONTROLE DE FORNOS DE RECOZIMENTO

PARA LAMINAÇÃO À FRIO

Os fornos de recozimento de funcionamento descontínuo, parte integrante da laminação à frio, representam sempre um desafio ao Engenheiro Projetista da automatização.

As condições exigidas pela produção são:

- Produção elevada com qualidade homogênea.
- Alto fator de rendimento do equipamento.
- Mínima influência dos operadores sobre a qualidade do produto.
- Facilidade de operação
- Número reduzido de operadores.

O fabricante do equipamento envida todos os esforços a fim de atender estas exigências. Os marcos do desenvolvimento da automatização foram:

- Introdução do sistema de fornos sobre qualquer base do poço.
- Utilização do sistema de resfriamento rápido de alto rendimento.
- Emprego da técnica de controle ordenado as bases.
- Utilização do mais moderno sistema de computadores.

A descrição da utilização dos computadores em fornos de recozimento será procedida de uma explanação cronológica.

Nas instalações fornecidas há 25 anos, uma unidade de recozimento era formada de 1 forno e 3 bases.

A desvantagem deste tipo de instalação, era o seu baixo fator de utilização, devido a pouca flexibilidade do equipamento em relação a variação do peso das bobinas e da qualidade do material.

O deslocamento do controle da proporção ar/gás sobre o forno permitiu a utilização do sistema, um forno sobre qualquer base.

Neste sistema, cada forno pode trabalhar sobre qualquer base e conseqüentemente a proporção FORNO-BASE, reduziu-se de 1:3 para 1:2,5 a 1:2,7. O rendimento da instalação com a utilização de maior número de fornos, sofreu um incremento de 15%.

A introdução posterior de sistemas de resfriamento rápido de elevada potência reduziu ainda mais a relação FORNO-BASE para uma proporção de 1:1,95 a 1:2. A capacidade da instalação foi aumentada em mais 30%.

A característica fundamental da instalação de recozimento com o sistema de um forno sobre qualquer base, é o campo de comutação no painel de pirometria.

Neste campo ordenam-se os controladores de temperatura, fornos a qualquer uma das bases desejadas.

A substituição dos pirometros eletro-mecânicos por eletrônicos, o emprego de componentes eletrônicos modulares, e posteriormente a utilização de circuitos integrados, permitiram a eliminação do campo de comutação nos painéis de pirometria. Nesta fase de desenvolvimento todos os elementos de controle,

INDUSTRIAL

atuadores e sinalizadores para cada base foram alojados em um "Rack". Um circuito eletrônico interligado permanentemente com a respectiva base comanda automaticamente o processo. Atualmente este tipo de controle é substituído pelos computadores de processo e micro-processadores com seus respectivos software.

A figura 1 - mostra parte de uma moderna instalação de recozimento, completamente automatizada e controlada por computador. O sistema de resfriamento rápido é um dos componentes importantes do recozimento, pois permite, conforme já mencionado anteriormente, reduzir a relação FORNOS-BASES para uma proporção 1:1,95 a 1:2.

O seu princípio de funcionamento consiste no seguinte: no fim do período de recozimento, após o desligamento dos queimadores e retirada do forno, recircula-se em um circuito fechado, o gás de proteção através de um trocador de calor externo por meio de um ventilador. Deste modo o gás de proteção quente é retirado do interior da campanula de proteção e reintroduzido sob forma de gás frio.

Afim de operar automaticamente um instalação de recozimento de bobinas, são necessários os seguintes dispositivos:

- 1) Vedações das flanges da campanula de resfriamento com borracha, resfriados a água ou ar ao invés dos selos de areia.

As vantagens são:

- Eliminação da limpeza e recarga da areia.
- Menor consumo do gás de proteção.
- Eliminam a possibilidade de penetração da areia sobre as bobinas e conseqüentemente evitam dificuldades na laminação.

- 2) Dispositivo automático de prensagem da campanula de proteção sobre a base através de garras movidas por cilindros pneumáticos acionados a distância eletricamente. Estes dispositivos evitam a deformação da flange de vedação da campanula de proteção devido ao aperto desigual manual, e reduzem o tempo dispendido.
- 3) Conexão automática entre a base e o forno e teleacionamento do suprimento de gás de combustão, eliminando o acionamento manual dos registros.
- 4) Conexão automática das ligações elétricas do forno e da campanula de resfriamento. Evita-se deste modo a destruição de plugs quando for erguido o forno ou a campanula de resfriamento, sem que o operador tenha desconectado os mesmos da base.
- 5) Ignição e supervisão automática dos queimadores do forno, eliminando-se o acendimento dos queimadores com tochas e sinalizando instantaneamente qualquer falha no queimador.
- 6) Suprimento do gás de proteção automático e teleacionado durante o ciclo de trabalho e supervisão contínua da vazão mínima, elimina o perigo de uma explosão e eventual entrada de oxigênio sob a campanula de proteção.

LIBRARIAS

- 7) Supervisão da pressão do gás de proteção em conexão ao teste de estanqueidade. O aquecimento do forno somente é liberado após o teste de estanqueidade.
- 8) Teleacionamento do resfriamento rápido. Todos os acionamentos elétricos são automaticamente ativados.

A figura 2 - mostra um acoplamento elétrico automático entre a base e o forno, ou a campanula de resfriamento.

A figura 3 - ilustra a vedação da flange da campanula de proteção com anel de borracha, bem como uma parte do dispositivo de prensagem automática sobre a base.

A figura 4 - evidencia o acoplamento automático do suprimento de gás de combustão do forno e ainda a disposição da tubulação de ar e gás de combustão de um queimador com seu respectivo piloto.

A figura 5 - mostra a disposição no porão do poço dos trocadores de calor dos ventiladores do resfriamento rápido, recirculadores e a tubulação, a circulação automatizada do gás de proteção.

As ilustrações apresentadas retratam uma instalação de reconhecimento constituída de 4 bases, 2 fornos e 2 campanulas de resfriamento, controlados por meio de um computador montado e funcionando há um ano e meio.

Os dados técnicos do recozimento são:

Tipo: HUGF-200-420

Dimensões da carga: 2000 mm máximo diâmetro útil
4200 mm máxima altura incluindo os
convectores.

Peso da carga 87 ton. no máximo com bobina de 600mm
de largura.

Peso da bobina 15 ton. no máximo

Potencia calorífera

instalada de cada forno: $70\text{Nm}^3/\text{h}$

$\text{HU} = 7600 \text{ Kcal}/\text{Nm}^3$

Para o controle da instalação, foi utilizado um computador com as seguintes características:

Unidade Central: Técnica CMOS - opera com 16 Bits em paralelo.

Mêmória Central 32K Byte (1Byte=8 Bits)

Número de instruções: 114

Barra de entrada/saída: Canal Multiplex integrado para até 40 endereços.
Velocidade de transmissão máx. 50K bits por segundo.

Entradas digitais: 7 com 16 pontos de entrada cada

Saídas digitais: 6 com 16 pontos de saída cada

Entradas analógicas: 1 com 16 pontos de medição

Atuação: Teleimpressor

Dispositivos de segurança: Mantem o funcionamento com 30% de queda de tensão.
Dispositivo de "Auto-re-start" permite falta de tensão até 10 minutos sem perda do programa.
Dispositivos de Hardware para auto-checagem do funcionamento do computador.

Partiu-se da premissa que o processo de tratamento realizado no forno pode ser controlado com a necessária precisão, mediante a medição analógica das temperaturas em determinados e pré-fixados pontos. Foi considerado ainda o fato que mantendo constante uma ou duas temperaturas e observando os períodos de tratamento obtidos empiricamente, o tratamento obtém resultados satisfatórios.

Foi levado ainda em consideração uma posterior ampliação do controle para a otimização da carga da base ou ainda de uma otimização do processo segundo um modelo matemático.

A figura 6 - mostra o computador com teleimpressor projetado pela LOI.

O computador projetado, permite uma ampliação no seu sistema de memórias e programas para o caso de aumento do número de bases. Essencialmente é constituído de módulos técnicos funcionais (Hardware) ativados através dos programas (Software).

O núcleo do Hardware é um micro-processador contendo a unidade de controle e a unidade de aritmética/lógica. Cabe a unidade de controle a execução dos comandos do programa.

A unidade de aritmética realiza todas as operações algébricas e lógicas. A memória do micro-processador destina-se ao armazenamento dos programas e dados.

Através dos módulos de entrada são fornecidos à unidade aritmética os dados instantâneos do sistema tais como: posicionamento e valores de medição analógicos.

A unidade aritmética/lógica calcula os dados, em função do programa, e devolve ao sistema através dos módulos de saída sob forma de comandos de atuação.

Como elementos de comunicação, entre o equipamento respectivamente entre o computador e o operador, são utilizadas unidades periféricas, tais como a teleimpressora, Display de sinalização e registrador de temperatura.

O sistema operacional, isto é o "Software" básico foi fornecido pelo fabricante do computador.

O Software de aplicação, constituído de duas partes, foi em parte fornecido por uma firma especializada na elaboração de programas e por outro lado pelo fabricante dos fornos de recozimento.

A parte elaborada pelo fabricante de fornos compreendia o estabelecimento de sequências de comando e o controle de temperatura.

A divisão de trabalho relatada acima obteve ótimos resultados com economia de custos e tempos.

O programa estabelece a modalidade e a sequência de comandos a serem executados nos fornos. Os comandos são executados ciclicamente, isto é os dados medidos na instalação são levados a memória de trabalho em uma determinada sequência. Na memória de trabalho são computados em função da operação necessária e devolvidos sob forma de comandos a instalação.

O ciclo:

Coletar - Processar - Comandar

é atuado por meio de uma varredura periódica que se repete continuamente. O tempo necessário para um ciclo está bem abaixo de um segundo.

Os dados específicos do recozimento tais como:

INDUSTRIAL

- Temperatura de recozimento
- Tempo de recozimento
- Tempo de purga e
- Temperatura final do resfriamento.

são fornecidos ao computador através do teleimpressor antes do começo de cada processo.

Durante o recozimento através do teleimpressor são transcritos e ainda sinalizados acusticamente os principais eventos como:

- Excesso de temperatura
- Defeitos nos acionamentos
- Vazamento de gás de proteção
- Avisos para deslocamento dos fornos e das campanulas de resfriamento.

Independentemente da programação automática, existe a possibilidade, por intermédio do teleimpressor, interferir a cada instante em qualquer base ou forno afim de acionar os atuadores.

O fato, de todas as interferências sobre o programa ou qualquer comando manual sobre o equipamento, serem registrados pelo teleimpressor, garante um protocolo de funcionamento completo.

O protocolo assim elaborado permite uma perfeita e contínua supervisão da atuação do equipamento.

Todos os dados introduzidos no computador podem ser utilizados sem alteração para sucessivos recozimentos, desde que as cargas sejam idênticas.

Na nossa opinião, com o computador projetado conseguimos atender as exigências do máximo rendimento da instalação de recozimento e garantia de qualidade do produto com a mínima possibilidade de erro de atuação por parte dos operadores.

A figura 7 - é uma representação esquemática do controle do recozimento. Estão representadas as bases com as bobinas, o sistema de resfriamento rápido, o forno com seus atuadores, os sensores de temperatura, o computador e o teleimpressor.

A figura 8 - mostra um recorte do gráfico do registrador de temperatura. Percebe-se excepcional constância da temperatura de controle obtida devido à alta precisão de atuação de um controlador de temperatura quando parte integrante do computador. A constância de temperatura é resultado também do perfeito entrosamento entre a construção mecânica do forno, da base, do recirculador do aquecimento e do sistema de medição e controle.

Queremos ressaltar ainda que o termoelemento de controle da temperatura de recozimento está localizado no espaço compreendido entre as bobinas e a campanula de proteção na altura da base de apoio. Não é necessário a nosso ver, utilizar um termoelemento na borda superior da bobina mais alta.

Nos testes finais de performance da instalação descrita, obtivemos os seguintes valores:

	<u>Valores Garantidos</u>	<u>Valores Obtidos</u>
	(60 ton)	(62,6 ton)
Capacidade de recozimento	2,1 ton/h	2,24 t/h
Capacidade de resfriamento p/uma temp. do núcleo de 160°C	2,44 t/h	3,48 t/h
		../. ..

Consumo térmico	180,000Kcal/t	165.000Kcal/t
Temp. recozimento do núcleo de bobina mais fria	min. 675°C	675°C
Temp. recozimento do núcleo da bobina mais quente	máx. 695°C	693°C
Temp. admissível após a 2ª camada da bobina (2mm)	máx. 720°C	716°C
Consumo de energia elétrica	20KWh/t	16KWh/t
Consumo de água	4,5 m ³ /t (te=20°C)	5,35m ³ /t (te=24°C)

Obtivemos importantes conclusões durante o período de implantação do computador na instalação de recozimento.

Os instrumentos periféricos como termoelementos, transdutores, chaves fim-de-curso, servomotores, motores e todos os outros componentes elétricos continuam apresentando o mesmo índice de probabilidade de defeitos como os apresentados na técnica convencional. O emprego do computador não os torna melhores, mas apenas localiza mais conseqüentemente as suas falhas.

Para os operadores porém, no início da implantação, não foi fácil distinguir se a falha era oriunda do computador ou dos elementos periféricos. Afim de poder rapidamente localizar a origem da falha e repará-la foi necessário a colocação de comutadores de atuação manual de emergência.

Os operadores, que não conheciam o teleimpressor, tiveram que ser submetidos a um intensivo treinamento afim de se familiarizarem com o seu emprego.

O computador, mediante correspondente comando, fornece instantaneamente através do teleimpressor, qualquer temperatura solicitada.

Conseqüentemente torna-se desnecessário o registrador de temperatura com exceção da fase de implantação. Por outro lado os operadores sentem-se mais seguros na presença de registrador, no qual se lê a tendência de variação da temperatura. Devido a este motivo fornecemos na instalação piloto descrita e também nas subsequentes o registrador.

A instalação piloto em um ano e meio de funcionamento apresentou um funcionamento satisfatório. Não queremos deixar de mencionar porém que o computador apresentou algumas falhas.

Os defeitos sempre puderam ser sanados em curto espaço de tempo e o fabricante do computador procedeu a pequenas modificações. As dificuldades iniciais apresentadas são as corriqueiras dos circuitos eletrônicos que via regra geral desaparecem completamente no decorrer do tempo.

A nossa experiência com o computador no último meio ano comprova esta hipótese.

Um computador, mesmo após o período crítico de implantação pode apresentar defeitos. Instalações de recozimento com 20 a 100 bases apresentam problemas para os operadores, em caso de pane no computador, por causa da necessidade da atuação simultânea dos comandos manuais de emergência. Esta dificuldade levaram-nos ultimamente a procurar uma outra solução.

A firma LOI está atualmente fornecendo uma instalação de recozimento com 80 bases no estágio final de ampliação.

Nesta instalação consideramos as vantagens de técnica dos micro computadores. Previmos um micro computador para cada base que assume as funções de comando e controle de todos os elementos da mesma.

Por intermédio de uma barra de dados interligam-se todos os

computadores com um teleimpressor de comando central. Cada um dos micro-computadores está contido em um Rack. Por meio de um teclado no lado frontal do Rack são injetados todos os dados essenciais do recozimento da base correspondente. Valores importantes como tempos e temperaturas podem ser lidos diretamente.

A figura 9 - mostra a placa frontal de atuação do micro-computador.

Todos os sinais de entrada e saída são indicados por meio de diodos luminosos.

Os comandos fornecidos pelos operadores são introduzidos no micro-computador por meio do teclado que se encontra no lado esquerdo. Os dados de temperatura e tempos são introduzidos no micro-computador pelo teclado do lado direito.

Um pequeno "Display" fornece permanentemente informações referente a temperatura desejada, temperatura real e tempos decorridos. Os diodos luminosos da parte superior informam sobre o andamento do processo e sobre a atuação dos agregados como recirculador e ventilador de ar de combustão.

Por meio de uma segunda barra de dados, todos os micro-computadores são ligados, e um processador central (Master). Este assume a função de gerenciar o estoque de bobinas antes do recozimento, calcula a carga ideal para cada base e fornece os valores nominais de temperatura e tempos a cada um dos micro-computadores de base.

A influência de uma eventual falha de um micro-computador da base sobre a capacidade de produção total da instalação é mínima neste último caso, pois apenas uma base deixa de funcionar.

A figura 10 - mostra o esquema de um recozimento com micro-computadores. Estão representados o Rack contendo o micro-computador, a base, o forno, o termoelemento, sistema de resfriamento rápido e tubulações para gás de proteção.

Ambos os sistemas

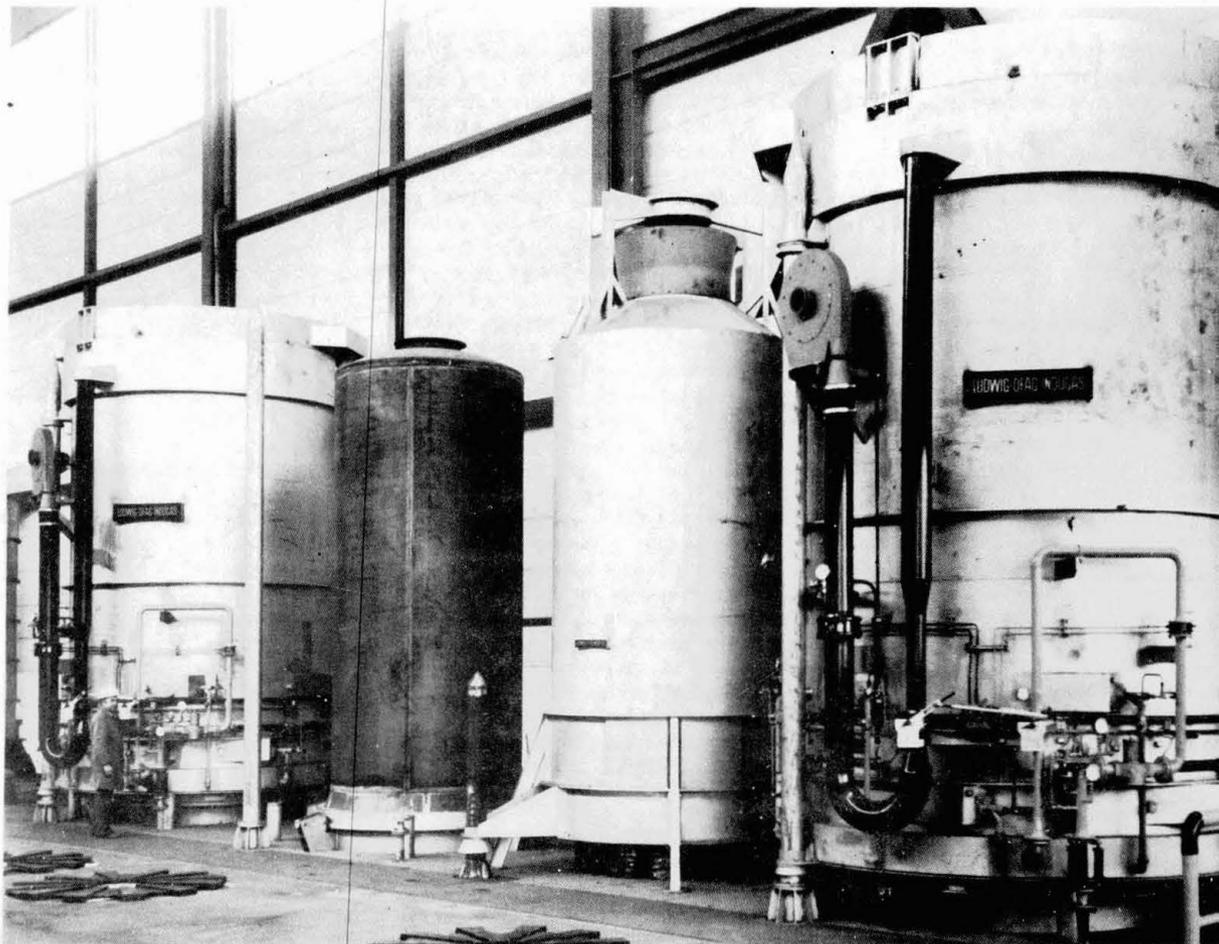
- a) 1 computador para várias bases
- b) 1 micro-processador por base

São testados pela LOI e fornecidos de acordo com a solicitação de nossos clientes.

Qual a melhor das duas soluções, somente o tempo dirá. Desde já temos certeza que os computadores descritos, atendem a todos os requisitos da moderna tecnologia e correspondem as exigências de trabalho contínuo e de automatização dos laminadores de chapas a frio.

TÍTULO DAS FOTOGRAFIAS

- Fig.1 : Vista parcial de uma instalação de recozimento comandada por computador.
- Fig.2 : Acoplamento elétrico entre forno e base.
- Fig.3 : Base com carga de bobinas.
- Fig.4 : Distribuição dos componentes de combustão sobre o forno comandado por computador.
- Fig.5 : Sistema de resfriamento rápido comandado por computador.
- Fig.6 : Processador com teleimpressor.
- Fig.7 : Recozimento, totalmente automático, comandado por computador.
- Fig.8 : Gráfico de temperaturas de forno de recozimento comandado por computador.
- Fig.9 : Vista frontal do Rack de micro-processador.
- Fig.10 : Esquema de controle de recozimento, comandado por computador.

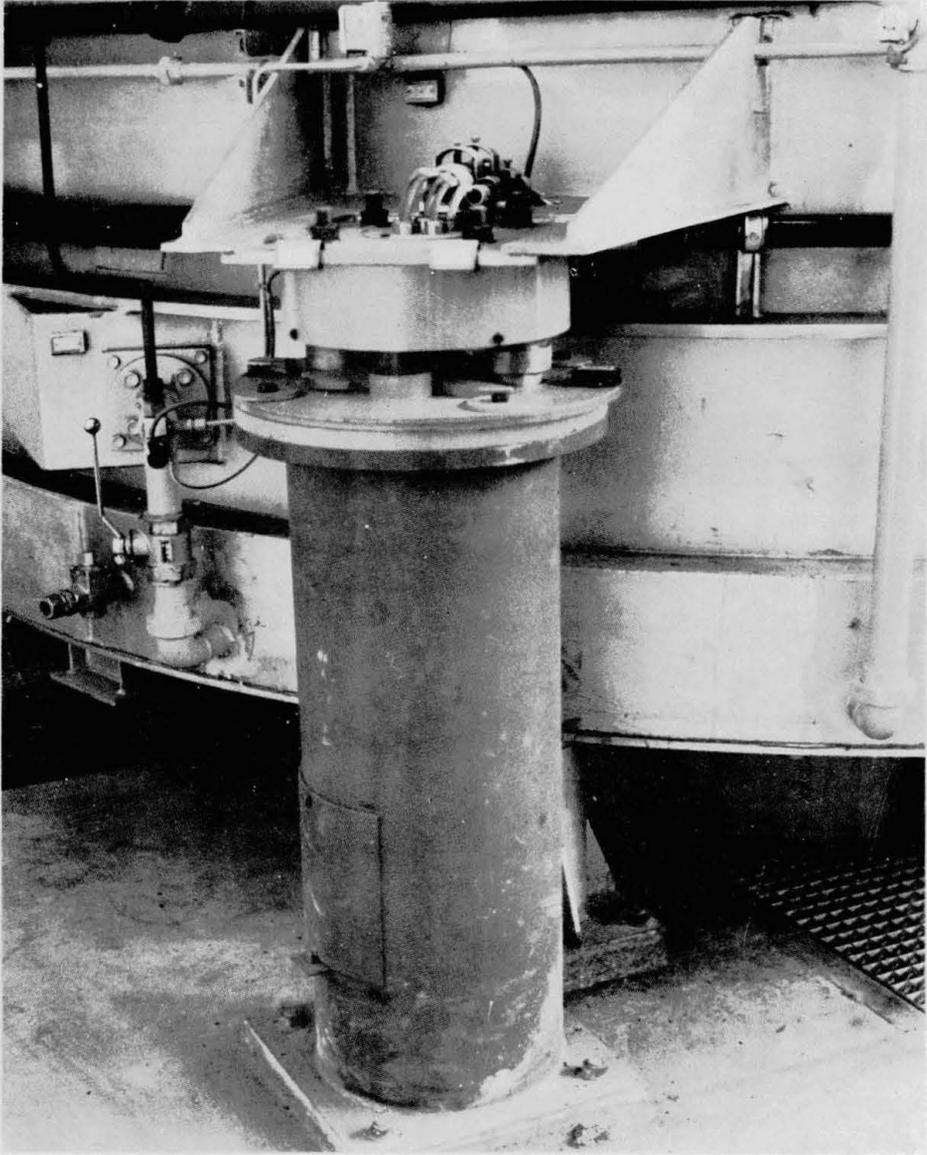


LOI
INDUSTRIEOFENANLAGEN GMBH

Teilansicht
einer rechnergesteuerten Haubenofenanlage

Weissohn 1978

Fig. 1

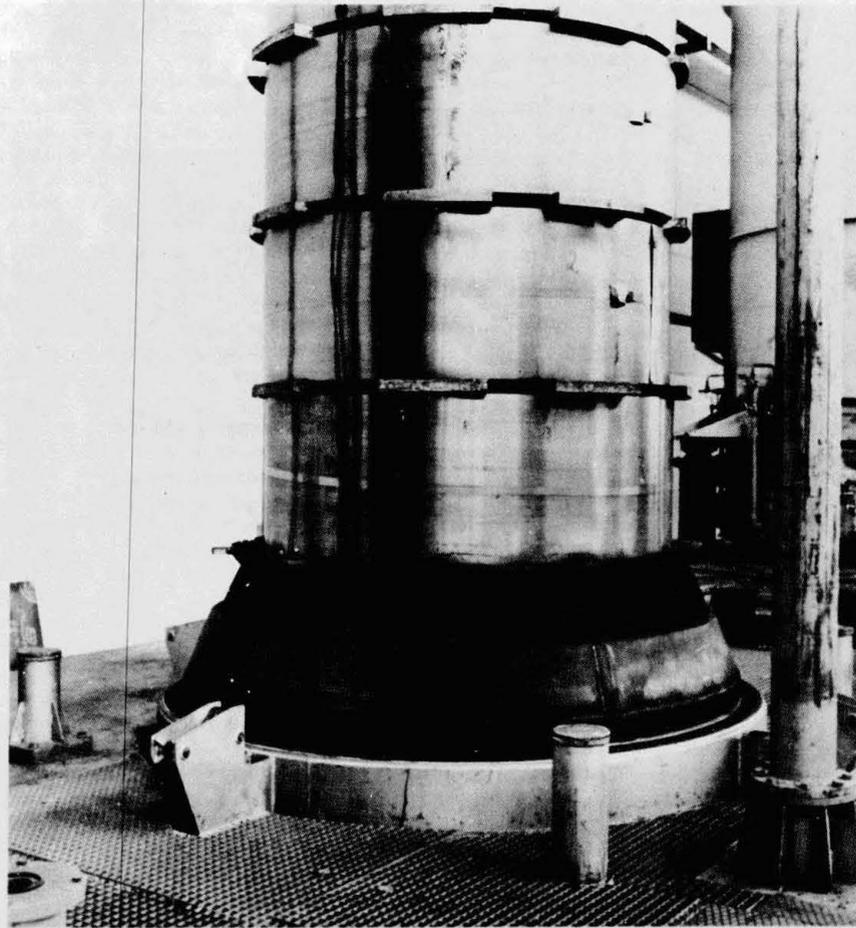


LOI
INDUSTRIEOFENANLAGEN GMBH

Elektrosteckverbindung
eines Haubenofens

Weissohn 1978

Fig. 2



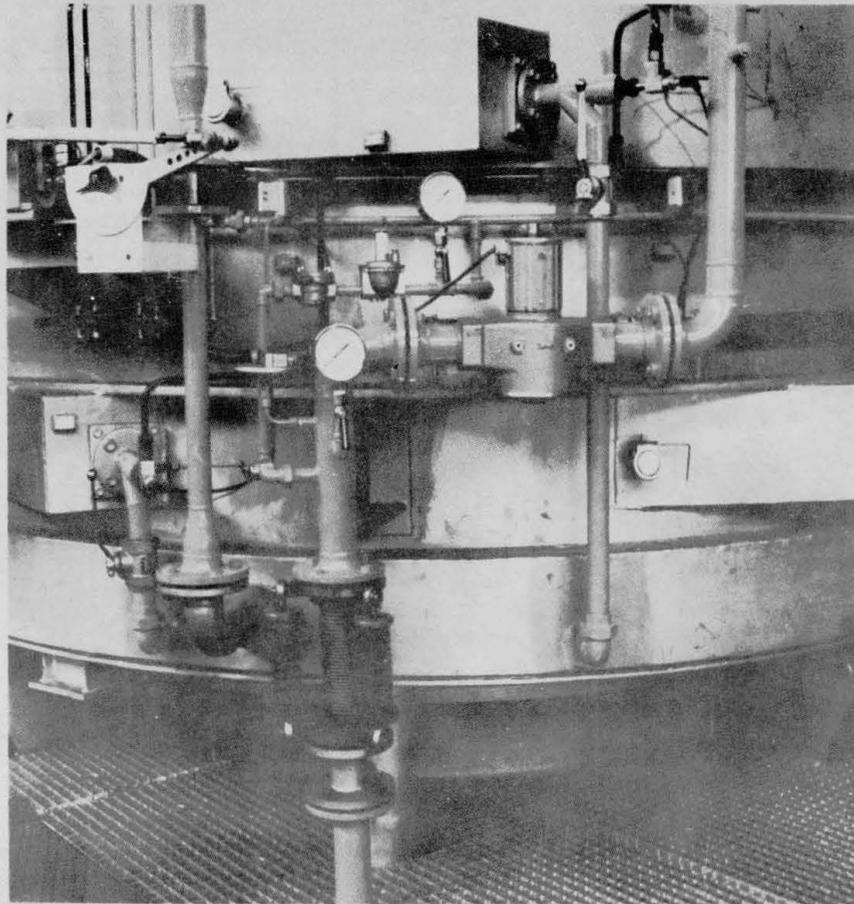
LOI
INDUSTRIEOFENANLAGEN GMBH

Sockelplatz mit Glühgut
einer rechnergesteuerten Haubenofenanlage

Weissohn 1978

Fig. 3

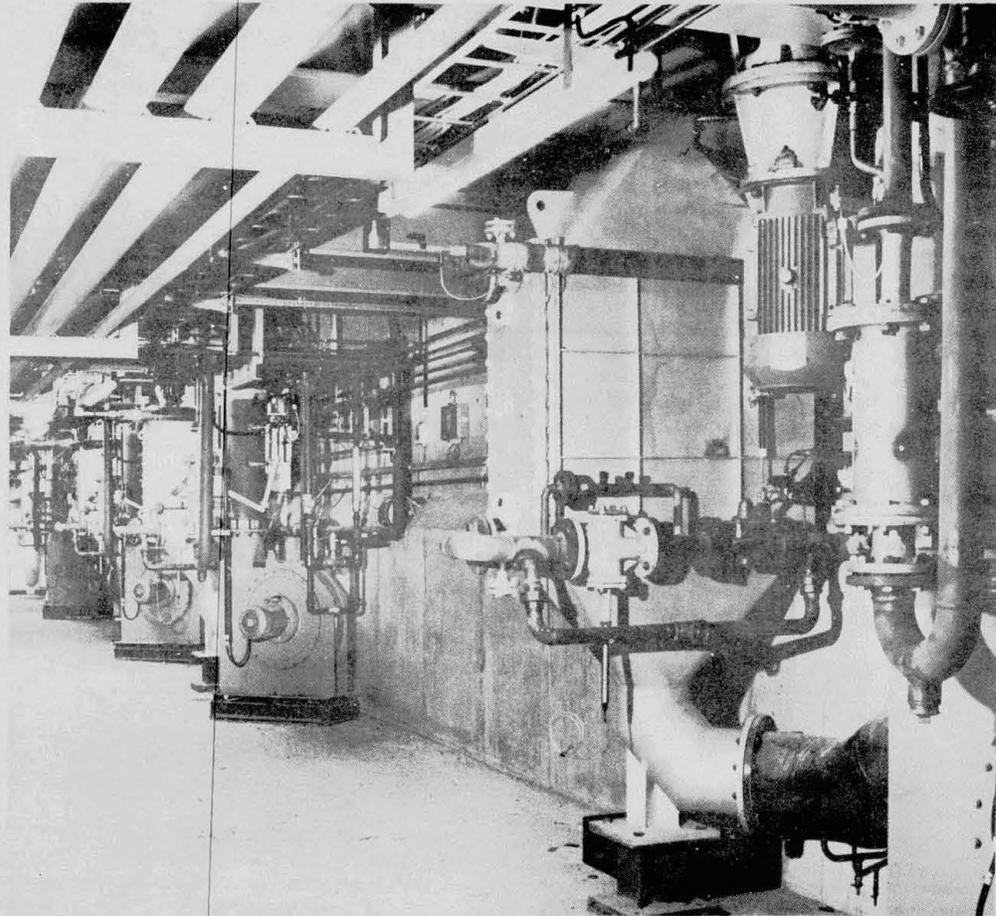
Fig. 4



LOI
INDUSTRIEOFENANLAGEN GMBH

Heizgasversorgung
eines rechnergesteuerten Haubenofens

Weissohn 1978

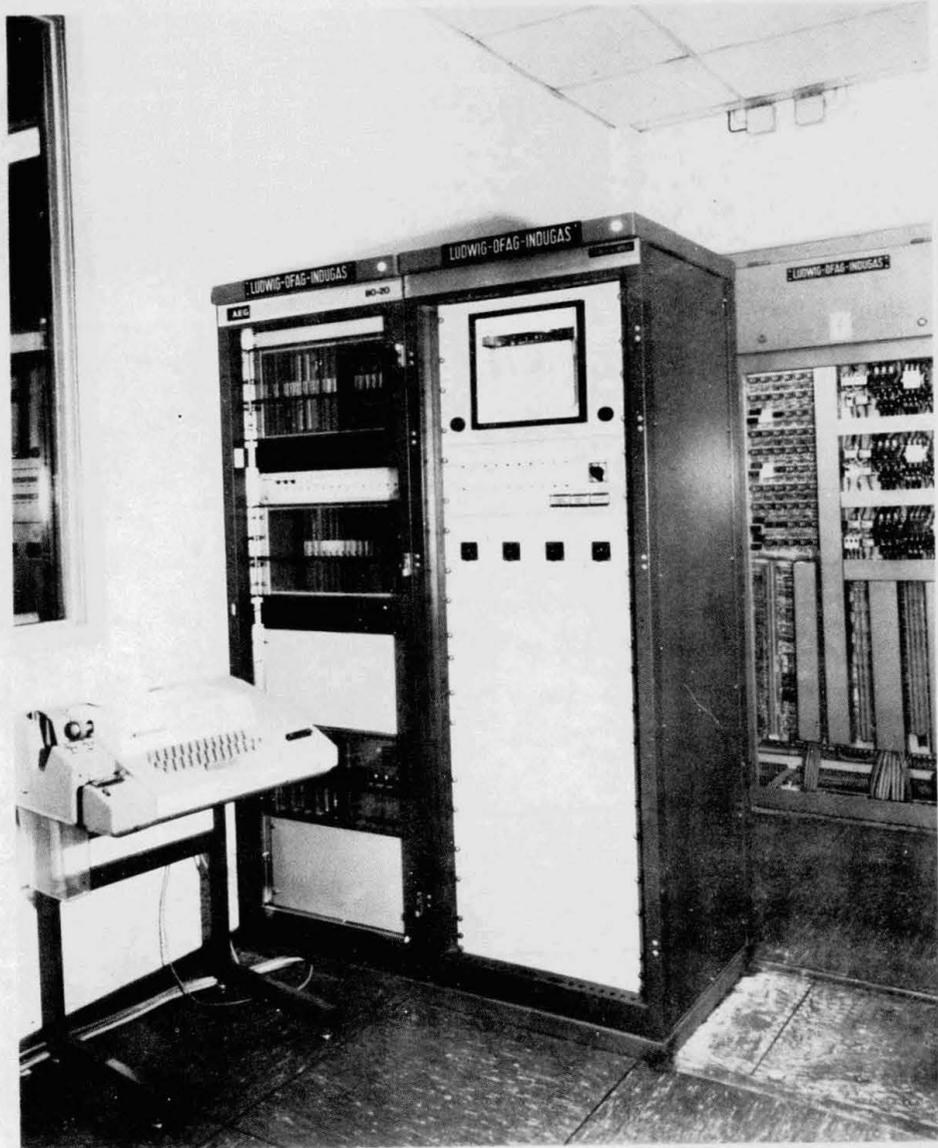


LOI
INDUSTRIEOFENANLAGEN GMBH

Schnellkühleinrichtungen
für rechnergesteuerte Haubenofenanlage

Weissohn 1978

Fig. 5



LOI
INDUSTRIEOFENANLAGEN GMBH

Rechner mit Bedienfernreiber
für rechnergesteuerte
Haubenofenanlage

Weissohn 1978

Fig. 6

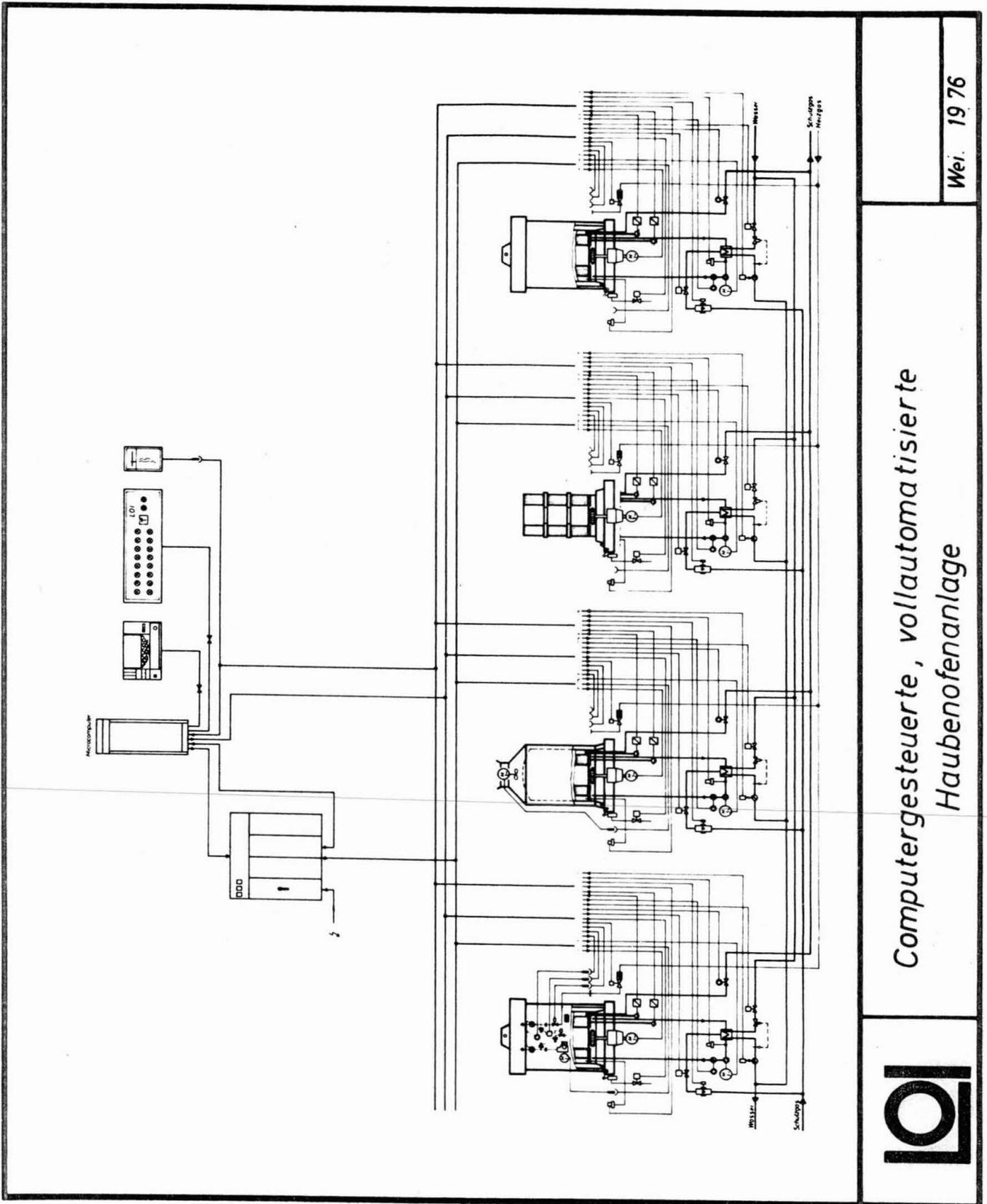


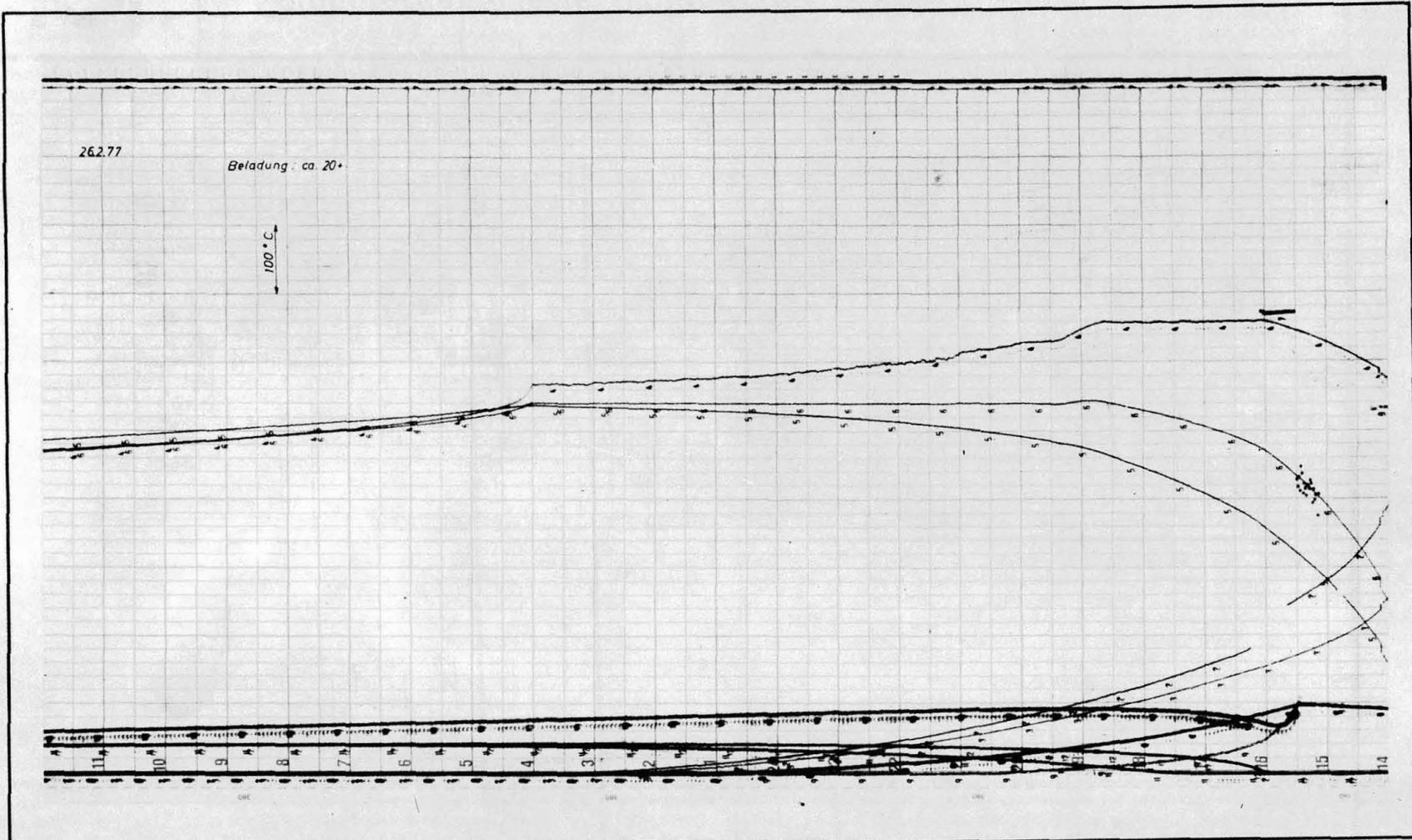
Fig. 7

Computergesteuerte, vollautomatisierte
Haubenofenanlage

Wei. 1976



Fig. 8



LOI
INDUSTRIEOFENANLAGEN GMBH

Temperaturkurven einer rechnergesteuerten Haubenofenanlage

Weissohn 1978

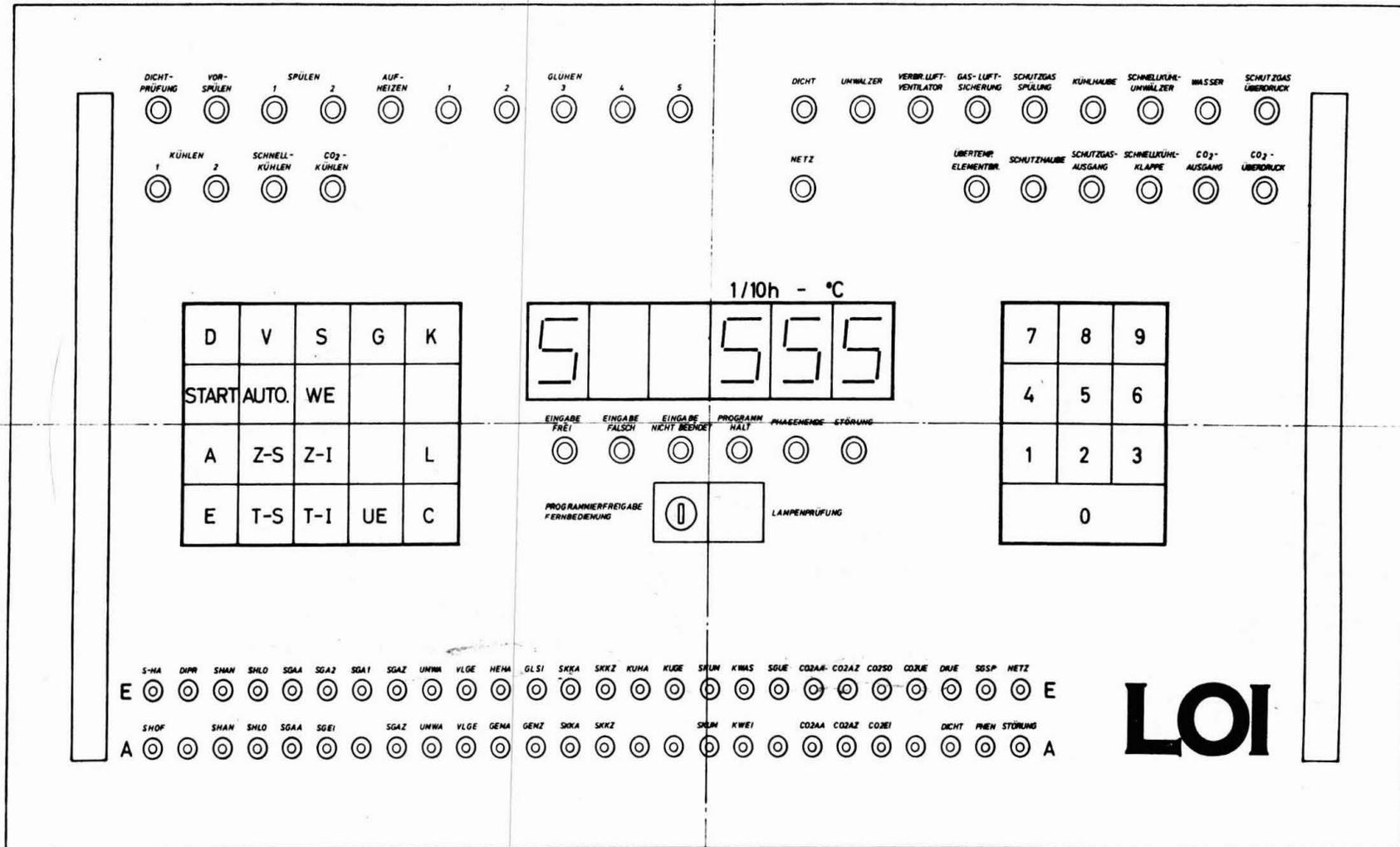
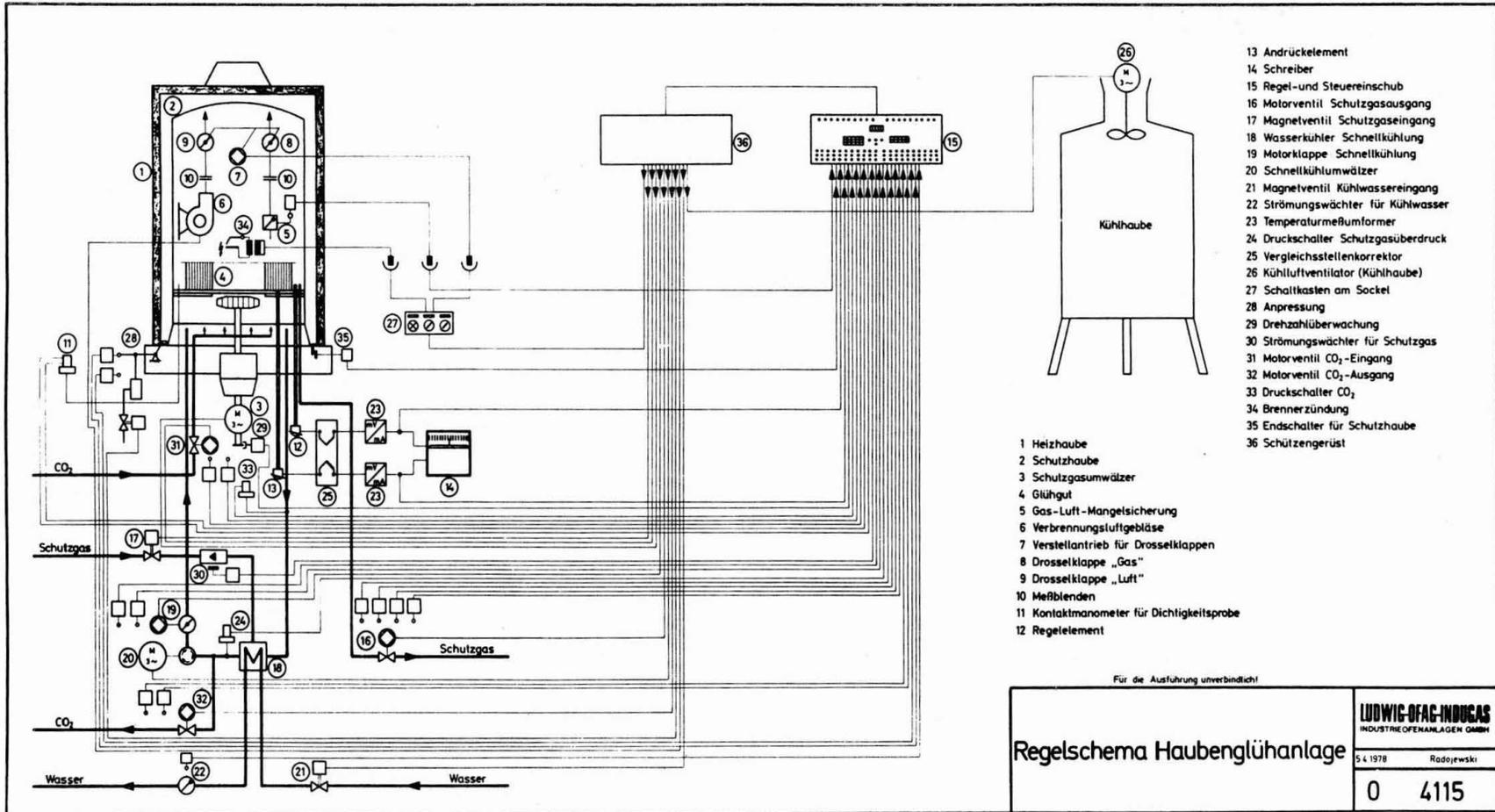


Fig. 9

Fig. 10



- 13 Andrückelement
- 14 Schreiber
- 15 Regel- und Steuereinschub
- 16 Motorventil Schutzgaseingang
- 17 Motorventil Schutzgaseingang
- 18 Wasserkühler Schnellkühlung
- 19 Motorventil Schnellkühlung
- 20 Schnellkühlumwälzer
- 21 Motorventil Kühlwassereingang
- 22 Strömungswächter für Kühlwasser
- 23 Temperaturmeßumformer
- 24 Druckschalter Schutzgasüberdruck
- 25 Vergleichsstellenkorrektor
- 26 Kühlventilator (Kühlhaube)
- 27 Schaltkasten am Socket
- 28 Anpressung
- 29 Drehzahlüberwachung
- 30 Strömungswächter für Schutzgas
- 31 Motorventil CO₂-Eingang
- 32 Motorventil CO₂-Ausgang
- 33 Druckschalter CO₂
- 34 Brennerzündung
- 35 Endschalter für Schutzhaube
- 36 Schützengerüst

- 1 Heizhaube
- 2 Schutzhaube
- 3 Schutzgasumwälzer
- 4 Glühgut
- 5 Gas-Luft-Mangelsicherung
- 6 Verbrennungsluftgebläse
- 7 Verstellantrieb für Drosselklappen
- 8 Drosselklappe „Gas“
- 9 Drosselklappe „Luft“
- 10 Meßblenden
- 11 Kontaktmanometer für Dichtigkeitsprobe
- 12 Regelement

Für die Ausführung unverbindlich

<p>Regelschema Haubenglühanlage</p>	<p>LUDWIG-OFAG-INDUGAS INDUSTRIEOFENANLAGEN GMBH</p>
	<p>54 1978 Radziejewski</p>
	<p>0 4115</p>