

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 108 115 B1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**02.07.2003 Patentblatt 2003/27**

(51) Int Cl. 7: **E21B 33/13, E21D 9/00,  
E02D 3/11, E04B 1/64,  
E21B 36/00**

(21) Anmeldenummer: **99941306.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/AT99/00208**

(22) Anmeldetag: **23.08.1999**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 00/012863 (09.03.2000 Gazette 2000/10)**

### (54) VERFAHREN ZUR ABDICHTUNG VON GESTEIN BZW. BAUMATERIAL UND VORRICHTUNG HIERZU

METHOD FOR SEALING ROCKS OR BUILDING MATERIAL AND CORRESPONDING DEVICE

PROCEDE D'ETANCHEITE DE ROCHES OU DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION ET DISPOSITIF CORRESPONDANT

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**

(30) Priorität: **27.08.1998 AT 146098**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**20.06.2001 Patentblatt 2001/25**

(73) Patentinhaber:  
• **INSOND GESELLSCHAFT M.B.H.**  
**A-1130 Wien (AT)**  
• Lueger, Josef  
**3243 St. Leonhard am Forst (AT)**

(72) Erfinder:  
• **LUEGER, Josef**  
**A-3243 St. Leonhard am Forst (AT)**  
• **SÜNDERMANN, Franz**  
**A-3244 Ruprechtshofen (AT)**

(74) Vertreter: **Pawloy, Heinrich, Dr. et al**  
**Sonn & Partner**  
**Patentanwälte**  
**Riemergasse 14**  
**1010 Wien (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A-92/20902** DE-A- 3 535 654  
**DE-A- 4 332 272** DE-U- 9 203 679  
**US-A- 4 370 077**

EP 1 108 115 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abdichtung von Bauwerkskonstruktionen, Mauern und Hohlräumen im Boden, Gestein bzw. im Gebirge, insbesondere Tunnel, Stollen, Schächte, Kanäle und Kavernen, wobei über ein abgedichtetes Bohrloch Dichtungsmaterial unter Druck in das Gestein eingebracht wird.

**[0002]** Die Erfindung betrifft weiters eine Vorrichtung zum Abdichten von Bauwerkskonstruktionen, Mauern und Hohlräumen im Boden, Gestein bzw. im Gebirge gemäß einem solchen Verfahren.

**[0003]** Schließlich betrifft die vorliegende Erfindung noch die Verwendung von Polyamiden im erfindungsgemäßen Verfahren.

**[0004]** Gesteine bzw. Baumaterial konnten bisher nur mit herkömmlichem Dichtungsmaterial abgedichtet werden, das jedoch mit der Zeit durch Temperatureinfluss und Feuchtigkeit, sowie chemische Einflüsse, z.B. durch Rauch oder Gase, spröde wird. Die Abdichtung verliert mit der Zeit ihre Dichtungseigenschaften und das Gestein bzw. Baumaterial wird für jegliche Gase oder Flüssigkeiten immer durchlässiger.

**[0005]** Die US 4 370 077 betrifft ein Verfahren zur Stabilisierung von Felsen durch wiederholte Injektionen eines aushärtbaren Gels, wie Epoxyharz oder Polystyrol, also von Kunststoffen, welche mittels Wärmezufuhr und/oder Beigabe eines Katalysators aushärten.

**[0006]** Gemäß der DE 35 35 654 A1 besteht ein Verfahren zur Trockenlegung von Mauerwerk darin, dass in eine zu behandelnde Mauer in Abständen Sacklöcher von einer Seite aus eingebracht und in diese Heizkörper eingebracht werden. Sodann wird das Mauerwerk in der Umgebung des Sackloches getrocknet. Nach dem Entfernen der Heizkörper wird geschmolzenes Wachs oder eine entsprechende hydrophobe Vergussmasse unter Überdruck in die Sacklöcher eingepresst. Vergussmasse, Temperatur und Einpressdruck werden so gewählt, dass die Poren des Mauerwerks um das Sackloch herum versiegelt werden.

**[0007]** Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Abdichtung von z.B. Gesteinen bzw. Baumaterial zur Verfügung zu stellen, wobei das Abdichtungsmaterial gegenüber Feuchtigkeit, Gasen etc. völlig abdichtet, eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer und eine schnelle Anfangsfestigkeit aufweist. Das Verfahren soll weiters unkompliziert sein und in kurzer Zeit eine beliebig große Fläche eines Gesteins bzw. Baumaterials abdichten.

**[0008]** Das erfindungsgemäße Verfahren der eingangs angeführten Art ist dadurch gekennzeichnet, dass erhitzte Polyamide unter Druck über das Bohrloch in das Gestein bzw. Baumaterial eingepresst werden, wonach sie in die Klüfte und Poren des abzudichtenden Gesteins bzw. Baumaterials eindringen und diese nach Abkühlung abgedichtet und dauerhaft verschlossen werden.

**[0009]** Durch Erhitzen der Polyamide werden diese in

einen niederviskosen Zustand gebracht, wodurch sie auch in die kleinsten Klüfte, Poren, Ritzen u.ä. des Gesteins bzw. Baumaterials eindringen können. Mit Druck werden die Polyamide in das Bohrloch und von dort aus

5 in die Poren und Klüfte des Gesteins bzw. Baumaterials eingepresst, wobei die Temperatur der Polyamide mit der Tiefe der Poren abnimmt, so dass ab einer bestimmten Eindringtiefe vom Bohrloch aus gesehen, je nach Ausgangstemperatur, die Polyamide immer dickflüssiger werden und schließlich erstarren. Durch den Druck der nachströmenden Polyamide werden die schon etwas dickflüssigeren Polyamide noch tiefer in die Poren oder Klüfte nachgepresst. Wurden die Polyamide überhitzt, weisen sie eine ausreichend hohe Temperatur auf, 10 so dass die flüssigen erhitzen Polyamide tief in die Poren des Gesteins bzw. Baumaterials eindringen können, bevor sie abkühlen und erstarren.

**[0010]** Bei Kontakt mit Wasser haben die Polyamide die Eigenschaft, insbesondere beim Härtungsvorgang, 15 gewisse Wassermengen aufzunehmen, wodurch das Volumen der Polyamide vergrößert wird. Die Polyamide dehnen sich in den Poren und Klüften weiter aus, wodurch das Gestein bzw. Baumaterial noch stärker abgedichtet wird. Wird das abgedichtete Gestein bzw. Baumaterial Wasser bzw. Feuchtigkeit ausgesetzt, so wird durch die Volumensvergrößerung der Polyamide durch Wasseraufnahme ein Gefüge aufgebaut, das auf Dauer auch einem starken hydrostatischen Druck standhält.

**[0011]** Vorzugsweise wird beim erfindungsgemäßen 20 Verfahren das Einpressen mehrmals durchgeführt, wobei bereits in Klüften und Poren des abzudichtenden Gesteins bzw. Baumaterials eingedrungene Polyamide zwischen den Einpressvorgängen zumindest teilweise abkühlen können und beim nächsten Einpressvorgang 25 frische, erhitzte Polyamide in andere Klüfte und Poren eindringen können.

**[0012]** Die Vorteile dieses "stop and go"-Verfahrens liegen darin, dass, auch wenn es zu einem Rücklauf der Polyamide (z.B. durch an die Oberfläche des Gesteins 30 bzw. Mauerwerks führende Klüfte) kommt, ein schneller, sicherer Druckaufbau trotzdem möglich ist. Bei herkömmlichen Verfahren, z.B. unter Verwendung von Epoxiharzen, mussten bei Rückläufen bisher immer die entsprechenden Klüfte mit Schnellmörtel abgedichtet 35 werden oder die Epoxiharze mussten an den Austrittsstellen schnell gehärtet werden. Weiters wird durch das "stop and go"-Verfahren auch eine Schrumpfung der Polyamide beim Abkühlen durch nachgepresste Polyamide ausgeglichen.

**[0013]** Für ein tiefes Eindringen der erhitzen Polyamide in das Gestein bzw. Baumaterial ist es günstig, 40 wenn vor dem Einpressen der erhitzen Polyamide in das Gestein bzw. Baumaterial durch ein Vorheizen ein Temperaturgradient im Gestein bzw. Baumaterial aufgebaut wird. Um eine frühzeitige Verfestigung durch Abkühlung durch das kalte Gestein bzw. Baumaterial zu verhindern, wird dieses vor Einbringen der Polyamide 45 erhitzt. Durch das Vorheizen des abzudichtenden Ge-

steins bzw. Baumaterials wird es möglich, auch weniger hoch erhitze Polyamide mit schneller Anfangsfestigkeit zur Abdichtung zu verwenden, da sie durch die bereits erhöhte Temperatur des Gesteins bzw. Baumaterials nicht sofort an der Oberfläche des kalten Gesteins bzw. Baumaterials erstarrten.

**[0014]** Vorzugsweise werden die erhitzen Polyamide mit einer Temperatur von 50 bis 1000°C und mit einem Druck von 1 bis 500 bar in das Bohrloch eingebracht. Dabei richten sich Druck und Temperatur der Polyamide nach deren Eigenschaften, nach der Dichte, Klüftigkeit bzw. Porosität des Gesteins bzw. Baumaterials, sowie nach der Umgebungstemperatur und der angestrebten Eindringtiefe der Polyamide.

**[0015]** Ein besonders vorteilhaftes Verfahren ist dadurch gegeben, dass mehrere Bohrlöcher in Abständen zueinander im Gestein bzw. Baumaterial vorgesehen werden, wobei die von einem Bohrloch aus in das Gestein bzw. Baumaterial eingepressten Polyamide mit den von den umliegenden Bohrlöchern aus in das Gestein bzw. Baumaterial eingepressten Polyamiden aufeinandertreffen, so dass ein zusammenhängender Dichtungsschirm gebildet wird. Dadurch wird ermöglicht, dass eine größere Fläche des abzudichtenden Gesteins bzw. Baumaterials, etwa eine Mauer oder eine Tunnelwand, völlig abgedichtet wird. Je tiefer die Polyamide in die Poren bzw. Klüfte eindringen können, umso weniger Bohrlöcher müssen in das Gestein bzw. Baumaterial eingebracht werden.

**[0016]** Durch das Aufeinandertreffen der Polyamide wird eine völlige Dichtung erreicht, da die aufeinandertreffenden Polyamide durch die ständig von hinten weiter eindringenden Polyamide stärker gegeneinander gepresst werden und auf diese Weise die sich dort befindlichen Poren und Klüfte von den Polyamiden völlig ausgefüllt werden.

**[0017]** Weiters ist es günstig, wenn im Vorheizschritt erhitze Gas während einer Zeitspanne von 1 bis 60 min in das Bohrloch eingebracht wird. Das Vorheizen des Gesteins bzw. Baumaterials durch ein erhitze Gas ist technisch einfach und kostengünstig auszuführen. Das erhitze Gas wird dabei vorzugsweise in dasselbe Bohrloch, in das später die Polyamide eingepresst werden, eingebracht. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass dies vor Beginn des Einpressens der Polyamide geschieht, da sonst Gasblasen in die Poren und Klüfte miteingetragen werden, wodurch undichte Stellen im Gestein bzw. Baumaterial entstehen können.

**[0018]** Gas weist gegenüber z.B. Flüssigkeiten den Vorteil auf, dass es aufgrund der geringen spezifischen Dichte durch die Polyamide problemlos verdrängt werden kann, und dies ohne sich mit den Polyamiden weiter zu vermischen.

**[0019]** Die Zeitspanne des Gasflusses hängt wiederum von der Umgebungs- oder Gesteins- bzw. Baumaterialtemperatur, bzw. von der Temperatur des Gases, sowie von der zu erreichenden Temperatur des Gesteins bzw. Baumaterials ab.

**[0020]** Vorteilhafterweise weist das erhitze Gas eine Temperatur von 50 bis 1000°C und einen Druck von 1 bis 250 bar auf. Dabei sollte das erhitze Gas einen nicht zu hohen Gasdruck aufweisen, um nicht so tief in die

5 Poren bzw. Klüfte des Gesteins bzw. Baumaterials einzudringen, da wiederum von den anschließend nachströmenden Polyamiden eingeschlossene Gasblasen undichte Stellen im Gestein bzw. Baumaterial bewirken könnten. Der Gasdruck sollte daher an die Eigenschaften des Gesteins bzw. Baumaterials angepasst und nicht allzu groß sein. Weiters sollte die Temperatur hoch genug sein, um das Gestein bzw. Baumaterial für das Eindringen der Polyamide ausreichend zu erhitzen. Jedenfalls ist es wichtig, die Temperatur, den Druck sowie 10 die Zeitspanne des Zustroms des Gases richtig aufeinander abzustimmen.

**[0021]** Eine besonders einfache Ausführungsform besteht darin, dass das erhitze Gas Luft ist. Die auf herkömmliche Weise erhitze Luft wird dabei in das jeweilige Bohrloch eingebracht, von wo aus das Gestein bzw.

Baumaterial aufgeheizt wird. Luft weist den Vorteil auf, dass sie das Gestein bzw. Baumaterial nicht verunreinigt oder verätzt. Des Weiteren ist Luft überall vorhanden und kann einfach erhitzt werden, was besonders an 20 entlegenen Orten (z.B. Tunnel im Gebirge) von Vorteil ist. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Luft ohne weitere Vorsichtsmaßnahmen (z.B. Filter) nach Gebrauch wieder ins Freie geleitet werden kann. Auch verunreinigt oder verätzt Luft im Gegensatz zu anderen Gasen die Polyamide nicht.

**[0022]** Ein anderes günstiges Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass das erhitze Gas ein Verbrennungsgas ist. Auf diese Weise werden rasch und einfach hohe Temperaturen - direkt am Ort des Gebrauchs 30 - erzeugt. Der Verbrennungsprozess kann dabei direkt vor einem Bohrloch (den Bohrlöchern) stattfinden oder aber auch in den Bohrlöchern selbst, vorausgesetzt der Verbrennungsprozess läuft vollständig und ohne irgendwelche Rückstände zu hinterlassen ab. Denkbar wäre z.B. die Zuleitung des Verbrennungsgases in das jeweilige Bohrloch, wobei die Zündung direkt beim Ausströmen des Verbrennungsgases aus der Leitung geschieht, so dass eine Flamme ins jeweilige Bohrloch gerichtet ist.

**[0023]** Es wäre auch denkbar, dass der Vorheizprozess ein Schritt eines Wärmetauschers ist. Das Verbrennungsgas bzw. die erhitze Luft könnte in einer Primärreaktion, etwa zum Antreiben einer Gasturbine oder 40 in einem anderen, vom Vorheiz-Prozess völlig unabhängigen Arbeitsschritt, entstehen, wobei die dabei entstehende Hitze zum Vorheizen des Gesteins bzw. Baumaterials ausgenutzt wird.

**[0024]** Eine weitere Möglichkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass das Vorheizen des 50 Gesteins bzw. Baumaterials durch Mikroexplosion eines geeigneten Brennstoffes beim oder im Gestein bzw. Baumaterial erreicht wird. Die Mikroexplosion geschieht dabei auf herkömmliche, dem Fachmann bekannte,

Weise.

**[0025]** Sowohl bei diesem Heizprozess mittels Brennstoffen als auch beim Heizprozess mittels Verbrennungsgas können spezielle Ableitungen des verbrauchten Gases bzw. Brennstoffs, etwa mit Filter, aus dem Bohrloch hinaus notwendig sein.

**[0026]** Es ist auch günstig, wenn das Vorheizen des Gesteins bzw. Baumaterials durch Einwirken von Mikrowellen auf das Gestein bzw. Baumaterial erreicht wird. Dies erfordert zwar eine spezielle, technisch höher entwickelte Ausrüstung, jedoch entstehen keine abzuleitenden Reaktionsprodukte. Der Aufheizprozess erfolgt rasch, und es können hohe Temperaturen erreicht werden, die tiefer in das Gestein bzw. Baumaterial dringen, als bei den herkömmlichen Aufheiz-Methoden.

**[0027]** Eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass über Sensoren, die im Bohrloch oder im Gestein bzw. Baumaterial zwischen den Bohrlöchern eingesetzt sind, Menge, Druck, Strömungsdauer bzw. Temperatur des erhitzten Gases, der Brennstoffe bzw. der Polyamide bzw. der Energieeintrag der Mikrowellen geregelt wird bzw. werden. Für einen einwandfreien Ablauf des Verfahrens ist es unerlässlich, dass die verschiedenen Parameter richtig aufeinander abgestimmt sind. Das Gestein bzw. Baumaterial muss genügend vorgeheizt werden, und die Polyamide müssen genügend dünnflüssig sein und einen ausreichenden Druck aufweisen, damit diese so tief wie notwendig in das Gestein bzw. Baumaterial eindringen können. Wenn mehrere Bohrlöcher nebeneinander im Gestein bzw. Baumaterial angebracht sind, so dürfen die Abstände zwischen diesen nicht zu groß sein, dass zwischen ihnen im Gestein bzw. Baumaterial undichte Stellen entstehen. Diese undichten Stellen können mittels feinen, in das Gestein bzw. Baumaterial eingeführte, Sensoren detektiert werden. Durch Sensoren im Bohrloch können z.B. die Parameter Luft und Druck im Zeitverlauf gemessen werden, wodurch Rückschlüsse auf das Gestein bzw. Baumaterial gezogen werden können und damit auch auf die notwendige Temperatur des Gesteins bzw. Baumaterials, sowie auf den notwendigen Druck der Polyamide und wiederum auf den Mindestabstand zwischen den einzelnen Bohrlöchern.

**[0028]** Besonders günstig ist es, wenn das Bohrloch einen Durchmesser von 2 bis 50 cm und eine Länge von bis zu 30 m aufweist. Je nach Eigenschaften des Gesteins bzw. Baumaterials, dessen Dimensionen, sowie der vorgesehenen Abdichtung variieren die Dimensionen der Bohrlöcher. Weiters wird die Dimensionierung des Bohrloches bzw. der Bohrlöcher auch von der zu lösenden Aufgabe (z.B. Vorverfestigung einer noch zu erstellenden Tunneltrasse; Abdichtung von Hausmauern oder ganzen Gebäuden, wie z.B. Tiefgaragen, gegen Grundwasser) abhängen.

**[0029]** Vorzugsweise werden nach Beendigung der Abdichtung des Gesteins bzw. Baumaterials die Bohrlöcher vollständig verschlossen. Dies geschieht z.B. da-

durch, dass durch die Polyamide, nachdem sie vollständig in das Gestein bzw. Baumaterial eingedrungen sind, auch das jeweilige Bohrloch mit Polyamiden ausgefüllt wird, wo sie auch erhärten. Dabei kann das gesamte

5 Bohrloch mit Polyamiden ausgefüllt werden, oder aber auch nur ein Teil. Denkbar wäre weiters jegliches andere Dichtungsmaterial,' sowie das Einführen von einem "Stöpsel" in das jeweilige Bohrloch, das bzw. der jederzeit wieder herausgenommen werden kann.

10 **[0030]** Eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens weist zumindest eine Leitung jeweils für die Zufuhr der Polyamide, gegebenenfalls des erhitzten Gases und/oder der Brennstoffe und/oder Leitung mit Quelle für Mikrowellen auf, wobei die Leitung(en) von

15 einer Ummantelung dicht umgeben ist bzw. sind. Beim Vorheizen, wenn gewünscht, wird meist zuerst die Leitung für die Zufuhr des erhitzten Gases bzw. der Brennstoffe geöffnet bzw. die Quelle für die Mikrowellen aktiviert, und nach einer bestimmten Zeit bzw. einer erreichten

20 Temperatur des Gesteins bzw. Baumaterials wird diese Leitung geschlossen oder abgedreht. Gleichzeitig oder danach wird die Leitung für die Zufuhr der Polyamide geöffnet, so dass diese in das Bohrloch eingebracht werden. Nach Abschluss der Abdichtung des Gesteins bzw. Baumaterials bzw. zum zwischenzeitlichen Abkühlen der Polyamide im "stop and go"-Verfahren wird diese Polyamid-Leitung geschlossen.

25 **[0031]** Dadurch, dass die Leitung(en) von einer Ummantelung dicht umgeben ist bzw. sind, können sie gleichzeitig in das jeweilige Bohrloch eingeführt und wieder herausgezogen werden, was den Arbeitsaufwand deutlich verringert. Die Leitungen können aufeinander abgestimmt und von einer gemeinsamen Steuerung aus, etwa in Abhängigkeit zu den Sensoren, geregelt werden. Während des Herausziehens der Leitung(en) samt Ummantelung nach Beendigung der Abdichtung des Gesteins bzw. Baumaterials kann die Polyamid-Leitung weiter geöffnet bleiben, so dass das Bohrloch vollständig oder teilweise mit Polyamiden ausgefüllt wird. Erst wenn die Leitung(en) vollständig oder teilweise aus dem jeweiligen Bohrloch herausgezogen ist bzw. sind, wird die Polyamid-Leitung geschlossen.

30 **[0032]** Die Ummantelung der Leitung(en) dient nicht nur zur leichteren Handhabung, sondern auch zum Schutz, etwa vor scharfen Kanten, die im Bohrloch vorhanden sein können.

35 **[0033]** Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform ist gegeben, wenn die Ummantelung außen eine geeignete Dichtung (z.B. Packer) aufweist, so dass das Bohrloch abgedichtet ist. Dadurch wird verhindert, dass die in das jeweilige Bohrloch eingebrachten Polyamide, Gase, Brennstoffe, etc. gleich wieder nach Austritt aus der jeweiligen Leitung aus dem Bohrloch ausströmen. Weiters kann dadurch der notwendige Druck im jeweiligen

40 Bohrloch aufgebaut werden.

45 **[0034]** Dadurch, dass die Leitung(en) eine dichte Ummantelung aufweisen, ist eine Abdichtung des Bohrlochs, während die Leitung(en) sich noch darin befindet

(befinden), nach außen hin leicht bewerkstelligbar.

**[0035]** Die Dichtung kann sowohl gleichzeitig mit Einführung der Leitung(en) in das jeweilige Bohrloch angebracht werden, etwa in Form eines Rings aus flexilem Material um die dichte Ummantelung, oder aber auch erst danach, z.B. in Form einer (zäh-) flüssigen Substanz, die erhärtet. Die Abdichtung kann auch die zur Abdichtung des Gesteins bzw. Baumaterials verwendeten Polyamide sein. Nach Beendigung der Abdichtung des Gesteins bzw. Baumaterials wird die Ummantelung mit den bzw. der Leitung(en) aus dem jeweiligen Bohrloch herausgezogen, wobei die Dichtung, z.B. die Polyamide, im Bohrloch verbleiben können.

**[0036]** Vorzugsweise wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Vorverfestigung einer Tunneltrasse angewendet. Dabei wird der Boden eines beispielsweise noch zu erstellenden Tunnels vorverfestigt.

**[0037]** Weiters betrifft die vorliegende Erfindung auch die Verwendung von Polyamiden im erfindungsgemäßen Verfahren. Vorzugsweise werden dabei Polyamide ohne umwelttoxische Zusatzstoffe zur Verwendung kommen, besonders bevorzugt Polyamid mit einem Erweichungspunkt von 150°C bis 200°C gemäß ASTM E28 (in Silikonöl) und einer Schmelzviskosität bei 180°C von 300 ± 150 m.Pa.s (gemäß ASTM D 3236).

**[0038]** Die Erfindung wird nachstehend anhand von in der Zeichnung dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispielen, auf die sie jedoch nicht beschränkt sein soll, noch weiter erläutert. Im Einzelnen zeigen in der Zeichnung:

Fig. 1 ein Bohrloch in einem Gestein, worin zwei Leitungen mit einer gemeinsamen Ummantelung eingeführt sind; und

Fig. 2 ein Gestein, wobei ausgehend von drei Bohrlöchern ein zusammenhängender Dichtungsschirm aus Polyamiden gebildet ist.

**[0039]** In Fig. 1 ist ein Gestein 1 dargestellt, mit einem Bohrloch 2, in das eine Leitung für die Zufuhr von erhitztem Gas bzw. Brennstoffen 3 und eine für die Zufuhr von Polyamiden 4 eingeführt sind. Diese zwei Leitungen 3, 4 sind von einer gemeinsamen Ummantelung 5 dicht umgeben. Die Ummantelung 5 weist außen eine Dichtung 6 auf, so dass das Bohrloch 2 nach außen hin abgedichtet ist. Ausgehend vom Bohrloch sind die Polyamide in die Poren bzw. Klüfte des Gesteins 1 eingepresst, so dass das das Bohrloch 2 umgebende Gestein 7 durch die Polyamide abgedichtet ist.

**[0040]** Fig. 2 zeigt eine größere Gesteinsfläche 7 mit drei Bohrlöchern 2', 2'', 2''', von denen aus Polyamide in das die Bohrlöcher 2', 2'', 2''' umgebende Gestein 7', 7'', 7''' eingedrungen sind. Durch das Aufeinandertreffen der Polyamide der einzelnen Bohrlöcher 2', 2'', 2''' wird ein zusammenhängender Dichtungsschirm 8 gebildet. Dadurch wird die Gesteinsfläche 1 gegenüber dem Raum 9 abgedichtet. Die Bohrlöcher 2', 2'', 2''' selbst weisen an ihrem jeweiligen Ende 10', 10'', 10''' erstarrte

Polyamide auf, so dass auch die Bohrlöcher 2', 2'', 2''' abgedichtet sind.

**[0041]** Die einzelnen Bohrlöcher 2', 2'', 2''' sind nicht parallel und gleich lang, sondern variieren je nach Ge- 5 steinsabschnitt, in Richtung und Länge.

#### Beispiel 1: (Laborversuch)

**[0042]** Versuchsanordnung: Polyamid (Hotmelt von 10 Henkel KGaA, Düsseldorf) wurde auf 220°C erhitzt und mit 150 bar (Maschinendruck) in ein 1"-Wasserleitungsrohr gepresst, das mit Bodenmaterial gefüllt war. Zur Gewährleistung eines Wärmereservoirs wurde ein kleiner Hohlraum an der Einlassstelle freigelassen. Das 15 Übergangsstück wurde mittels eines Heißluftgebläses vorgewärmt. Nach Abschluss des Einpressens des Polyamids wurde eine Druckprüfung mit Pressluft entgegen der Einpressrichtung durchgeführt.

**[0043]** Die Befüllung des Rohres erfolgte mit trockenen 20 Splitt (ca. 3/8 mm, geringer Staubanteil) und die Versuchsanordnung wurde direkt an die Zufuhr der Polyamide angeschlossen. Nach Abschluss des Einpressens von Polyamid wurde festgestellt, dass das Polyamid die gesamte Länge des Versuchsrohrstückes (2 25 m) vollständig ausgefüllt hatte, eine Druckprüfung ergab, dass die Ausfüllung bis zum maximal erreichbaren Druck von 10 bar Pressluft druckdicht war. Anschließend wurde noch eine Druckprüfung mittels Öldruck durchgeführt, wobei bei einem angelegten Druck von etwa 20 bar die gesamte Füllung des Versuchsrohrstückes ausgepresst wurde, die Befüllung war somit bis zu 30 mindest 20 bar druckdicht.

#### Beispiel 2 :

**[0044]** Versuchsanordnung wie bei Beispiel 1. Die Befüllung des Rohres erfolgte mit einem Gemisch aus Sand, Kies und Splitt mit hohem Feinkornanteil, was- 35 sergesättigt und durch Einschlämmen verdichtet.

**[0045]** Es wurde eine Eindringtiefe des Schmelzstof- 40 fes bis ca. 1,2 m festgestellt. Eine Druckprüfung ergab Druckdichte bis zum maximal erreichbaren Druck von 10 bar Pressluft. Anschließend wurde noch eine Druckprüfung mittels Öldruck vorgenommen, wobei eine 45 Druckdichte bis zum maximal erreichbaren Öldruck von 60 bar festgestellt wurde.

**[0046]** Beide Versuche 1 und 2 beweisen eine sehr rasche Abdichtung gegen hohen Wasserdruck (bis zu 60 bar) mit langfristiger Wirksamkeit.

#### Beispiel 3 :

**[0047]** Versuchsanordnung: Ein Polyamid (Hersteller Henkel KGaA, Düsseldorf) wurde auf 220°C erhitzt und 55 mit 150 bar (Maschinendruck) im geschmolzenen Zu- stand zwischen zwei Waschbetonplatten gepresst. Der Abstand der Platten betrug ca. 2 mm. Der Hohlraum zwischen den Platten wurde mit einer Gummidichtung der-

art abgedichtet, dass die darin befindliche Luft verdrängt werden konnte. Die Platten wurden fix verspannt, um ein Abheben zu verhindern.

**[0048]** Innerhalb weniger Sekunden nach Beginn des Einpressens des Polyamids wurde der Spalt zwischen den Platten vollflächig ausgefüllt. Infolge des Drucks entstand in der oberen Platte ein Riss, durch den Polyamid austrat. Nach einigen Minuten Aushärtezeit wurde abermals Polyamid injiziert, welches das bereits vorhandene Polyamid aufschmolz, so dass weiteres Injektionsmaterial aus dem Spalt austrat.

**[0049]** Durch dieses Beispiel wurde bewiesen, dass eine vollflächige Verfüllung von Spalten und Klüften in Gestein bzw. Mauerwerk leicht und einfach durchzuführen ist.

#### Beispiel 4 :

**[0050]** In einem ehemaligen Steinbruch (Ritzengrub, Gemeinde St. Leonhard, Niederösterreich) wurden am Fuß der Steinbruchwand zwei Injektionsbohrlöcher gebohrt. Das Gestein war Kalkmarmor der Böhmischem Masse und wies Bankungen und Klüftungen in unterschiedlichen Richtungen auf. Der Kluftabstand betrug zumeist einige Dezimeter, die Kluftweite häufig 0,5 mm - 1 mm, teilweise auch geschlossene Klüfte sowie weitere Klüfte mit eingeschwemmtem lehmigen Verwitterungsmaterial, das stellenweise auch durchwurzelt war. Die Bohrdurchmesser betrugen 22 mm (0-40 cm Tiefe) und 16 mm (40-100 cm Tiefe). Die Injektionsbohrlöcher wurden mit einer mechanischen Einfachpacker (Dichtung) in 10 cm Tiefe verschlossen. Der Schmelzstoff war ein Polyamidschmelzstoff der Firma Henkel KGaA, Düsseldorf.

**[0051]** Einige Zeit vor Beginn des Einpressens wurde das Bohrloch mit Wasser gefüllt, wobei das Wasser innerhalb kurzer Zeit versickerte.

**[0052]** Das Schmelzmaterial wurde sodann auf ca. 200-230°C erhitzt und aufgeschmolzen, anschließend bei ca. 140 bar Maschinendruck über einen Heizschlauch injiziert. Es wurden ca. 3 min 20 sek gefördert. Nach einer Pause von 1/2 min und einigen weiteren kürzeren Pausen wurde abermals insgesamt ca. 10 sek lang injiziert. Auf Grund der zuvor ermittelten Förderleistung entspricht dies einer Injektionsmenge von ca. 3,5 l.

**[0053]** Nach ca. 3 min 20 sek trat geschmolzenes Polyamid an einer Kluft zu Tage. Nach den Pausen konnte zusätzliches Material injiziert werden, worauf weitere Austritte von geschmolzenem Polyamid an anderen Kluftstellen beobachtet werden konnten.

**[0054]** Nach ca. 1/2 h Aushärtezeit wurde mit einem Kernbohrgerät mit Diamantkrone und Wasserspülung ein Kern mit 8 cm Durchmesser gezogen. Die Bohrung erfolgte ungefähr normal auf die Hauptklüftung. Die Hauptklüftung mit einer Öffnungsweite von ca. 2-3 mm war vollflächig mit Polyamid ausgefüllt, das sich jedoch von den Kluftwänden gelöst hatte. Ursache für die fehlende Ver-

bindung war nach Auskunft des Bohrmeisters höchstwahrscheinlich ein Abreißen durch den Kernbohrvorgang selbst.

**[0055]** Nach ca. 2 h nach der Injektion wurden von der 5 Felsoberfläche her mittels Hammer Kluftflächen freigelegt. Dabei zeigte sich eine Ausbreitung des Polyamids über eine Distanz von ca. 60-80 cm. Am folgenden Tag wurde auch beobachtet, dass Polyamid nicht nur in die jeweilige Hauptklüftung, sondern auch in Nebenklüfte eingedrungen war. Die freigelegten Klüfte waren vollflächig mit Polyamid verfüllt, das mit dem Gestein einen festen Verbund gebildet hatte. Das Polyamid konnte nur mit einem Aufwand von den Kluftflächen gelöst werden. In den nachfolgenden Wochen wurde an einer mitgenommenen Gesteinsprobe festgestellt, dass nach wie vor ein 10 zumindest teilweiser Verbund zwischen Gestein und Polyamid bestand. Eine passive Ablösung war nicht 15 erfolgt.

**[0056]** Das obgenannte Beispiel beweist, dass das 20 erfindungsgemäße Verfahren für Dichtinjektionen bestens geeignet ist. Die Ausbreitung im Gestein und die Haftung des Dichtmaterials an den Kluftwänden ist zufriedenstellend. Die Aushärtung erfolgt bedeutend schneller als bei herkömmlich verwendeten Materialien. 25 Die Injektion kann auch in ein und demselben Bohrloch unterbrochen und nach teilweiser Erstarrung des Dichtmaterials weiter fortgesetzt werden ("stop and go"-Verfahren). Dadurch kann die Verteilung des Dichtmaterials in den Klüften optimiert werden. Dieser Effekt ist besonders 30 bemerkenswert, da eine Fortsetzung der Injektion auch nach Austritt von Dichtmaterial an der Injektionsseite erstmals ermöglicht wird.

#### 35 Patentansprüche

1. Verfahren zur Abdichtung von Bauwerkskonstruktionen, Mauern und Hohlräumen im Boden, Gestein bzw. im Gebirge, insbesondere Tunnel, Stollen, Schächte, Kanäle und Kavernen, wobei über ein abgedichtetes Bohrloch Dichtungsmaterial unter Druck in das Gestein eingebracht wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** erhitzte Polyamide unter Druck über das Bohrloch (2) in das Gestein (1) bzw. Baumaterial eingepresst werden, wobei sie in Klüfte und Poren des abzudichtenden Gesteins (1) bzw. Baumaterials eindringen und diese nach Abkühlung abgedichtet und dauerhaft verschlossen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Einpressen mehrmals durchgeführt wird, wobei bereits in Klüften und Poren des abzudichtenden Gesteins (1) bzw. Baumaterials eingedrungene Polyamide zwischen Einpressvorgängen zumindest teilweise abkühlen können und beim nächsten Einpressvorgang frische, erhitzte Polyamide in andere Klüfte und Poren eindringen können.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Eindrücken der erhitzen Polyamide in das Gestein (1) bzw. Baumaterial durch ein Vorheizen ein Temperaturgradient im Gestein (1) bzw. Baumaterial aufgebaut wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erhitzen Polyamide mit einer Temperatur von 50 bis 1000°C und mit einem Druck von 1 bis 500 bar in das Bohrloch (2) eingebracht werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Bohrlöcher (2', 2'', 2''') in Abständen zueinander im Gestein (1) bzw. Baumaterial vorgesehen werden, wobei die von einem Bohrloch (2', 2'', 2''') aus in das Gestein (1) bzw. Baumaterial eingedrückten Polyamide mit den von den umliegenden Bohrlöchern (2', 2'', 2''') aus in das Gestein (1) bzw. Baumaterial eingedrückten Polyamide aufeinandertreffen, so dass ein zusammenhängender Dichtungsschirm (8) gebildet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Vorheizschritt erhitzen Gas während einer Zeitspanne von 1 bis 60 min in das Bohrloch (2) eingebracht wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erhitzen Gas eine Temperatur von 50 bis 1000°C und einen Druck von 1 bis 250 bar aufweist.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erhitzen Gas Luft ist.
9. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erhitzen Gas ein Verbrennungsgas ist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Vorheizen des Gesteins (1) bzw. Baumaterials durch Mikroexplosion eines geeigneten Brennstoffes beim bzw. im Gestein bzw. Baumaterial erreicht wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Vorheizen des Gesteins (1) bzw. Baumaterials durch Einwirken von Mikrowellen auf das Gestein (1) bzw. Baumaterial erreicht wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** über Sensoren, die im Bohrloch (2) oder im Gestein (1) bzw. Baumaterial zwischen den Bohrlöchern (2', 2'', 2''') eingesetzt sind, Menge, Druck, Strömungsdauer bzw. Temperatur des erhitzen Gases, der Brennstoffe bzw. der Polyamide bzw. der Energieeintrag der Mikrowellen geregelt wird bzw. werden
- 5 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bohrloch (2) einen Durchmesser von 2 bis 50 cm und eine Länge von bis zu 30 m aufweist.
- 10 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach Beendigung der Abdichtung des Gesteins (1) bzw. Baumaterials die Bohrlöcher (2', 2'', 2''') vollständig verschlossen werden.
- 15 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14 zur Vorverfestigung einer Tunneltrasse.
- 20 16. Verwendung von Polyamiden im Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15.
- 25 17. Verwendung gemäß Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** Polyamide mit geringer Viskosität und schneller Anfangsfestigkeit eingesetzt werden.
- 30 18. Verwendung gemäß Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** Polyamide ohne Umwelt-toxische Zusatzstoffe eingesetzt werden.
- 35 19. Verwendung gemäß Anspruch 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** Polyamide mit einem Erweichungspunkt von 150°C bis 200°C gemäß ASTM E28 (in Silikonöl) und eine Schmelzviskosität bei 180°C von  $300 \pm 150$  m.Pa.s (gemäß ASTM D3236) eingesetzt werden.

#### Claims

- 40 1. A method of sealing building constructions, walls and cavities in the ground, in rock and in the mountains, respectively, in particular tunnels, galleries, shafts, channels and caverns, wherein sealing material is introduced under pressure into the rock via a sealed drilled hole, **characterised in that** heated polyamides are injected under pressure via the drilled hole (2) into the rock (1), or building material, respectively, penetrating into crevices and pores of the rock (1), or building material, respectively, to be sealed, and the latter are sealed and permanently closed upon cooling.
- 45 2. A method according to claim 1, **characterised in that** the injection is carried out several times, wherein polyamides that have already penetrated into crevices and pores of the rock (1), or building material, respectively, to be sealed are capable of

- cooling at least in part between injection procedures, and fresh, heated polyamides can penetrate into other crevices and pores during the next injection procedure.
3. A method according to claim 1 or 2, **characterised in that** a temperature gradient is built up in the rock (1), or building material, respectively, by pre-heating before injection of the heated polyamides into the rock (1), or building material, respectively.
4. A method according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that** the heated polyamides are introduced into the drilled hole (2) with a temperature of from 50 to 1000°C and with a pressure of from 1 to 500 bar.
5. A method according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** several drilled holes (2', 2'', 2''') are provided in the rock (1) or building material, respectively, in spaced relationship relative to each other, the polyamides injected into the rock (1), or building material, respectively, from one drilled hole (2', 2'', 2''') meeting with the polyamides injected into the rock (1), or building material, respectively, from the surrounding drilled holes (2', 2'', 2''') so as to form a coherent sealing curtain (8).
6. A method according to any one of claims 3 to 5, **characterised in that** gas heated in the pre-heating step is introduced into the drilled hole (2) during a period of time of from 1 to 60 minutes.
7. A method according to claim 6, **characterised in that** the heated gas has a temperature of from 50 to 1000°C and a pressure of from 1 to 250 bar.
8. A method according to claim 6 or 7, **characterised in that** the heated gas is air.
9. A method according to claim 6 or 7, **characterised in that** the heated gas is a combustion gas.
10. A method according to any one of claims 3 to 5, **characterised in that** pre-heating of the rock (1) or building material, respectively, is achieved by micro-explosion of a suitable fuel at or in the rock or building material, respectively.
11. A method according to any one of claims 3 to 5, **characterised in that** pre-heating of the rock (1) or building material, respectively, is achieved by the action of microwaves on the rock (1), or building material, respectively.
12. A method according to any one of claims 6 to 11, **characterised in that** amount, pressure, duration of flow and temperature, respectively, of the heated
- gas, the fuel and the polyamides, respectively, and the energy input of the microwaves, respectively, is regulated via sensors inserted in the drilled hole (2) or in the rock (1), or building material, respectively, between the drilled holes (2', 2'', 2''').
13. A method according to any one of claims 1 to 12, **characterised in that** the drilled hole (2) has a diameter of from 2 to 50 cm and a length of up to 30 m.
14. A method according to any one of claims 1 to 13, **characterised in that** when sealing of the rock (1) or building material, respectively, has been finished, the drilled holes (2', 2'', 2''') are completely closed.
15. A method according to any one of claims 1 to 14 for pre-solidifying a tunnel line.
16. The use of polyamides in the method according to any one of claims 1 to 15.
17. The use according to claim 16, **characterised in that** polyamides of low viscosity and rapid initial strength are used.
18. The use according to claim 16 or 17, **characterised in that** polyamides without environmentally toxic additives are used.
19. The use according to claims 16 to 18, **characterised in that** polyamides having a softening point of from 150°C to 200°C according to ASTM E28 (in silicone oil) and a melt viscosity of  $300 \pm 150$  m.Pa.s (according to ASTM D3236) at 180°C are used.
- Revendications**
1. Procédé d'étanchéification de constructions, māçonneries et espaces vides dans le sol, roches ou en montagnes, en particulier les tunnels, galeries, puits, canaux et cavernes, où on applique par un trou foré étanchéifié, le matériau étanche sous pression dans la roche, **caractérisé en ce que** l'on injecte du polyamide chauffé sous pression par le trou perforé (2) dans la roche (1) ou le matériau de construction, où il pénètre dans les fissures et pores de la roche (1) ou du matériau de construction à étanchéifier et celui-ci est rendu étanche après refroidissement et fermé de manière durable.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'injection est réalisée plusieurs fois, où le polyamide ayant déjà pénétré dans les fissures et pores de la roche (1) ou du matériau de construction à étanchéifier peut refroidir au moins partiellement entre les processus d'injection et lors du processus d'injection le plus proche, du polyamide frais, chauffé.

- fé peut pénétrer dans d'autres fissures et pores.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** avant l'injection du polyamide chauffé dans la roche (1) ou le matériau de construction, un gradient de température est établi dans la roche (1) ou le matériau de construction par un préchauffage.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le polyamide chauffé est introduit dans le trou foré (2) à une température allant de 50 à 1000°C et à une pression allant de 1 à 500 bar.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** plusieurs trous forés (2', 2'', 2''') sont prévus dans la roche (1) ou le matériau de construction, à une certaine distance, où le polyamide injecté dans un trou foré (2', 2'', 2''') dans la roche (1) ou le matériau de construction rencontra le polyamide injecté dans le trou foré voisin (2', 2'', 2''') dans la roche (1) ou le matériau de construction, de sorte que l'on forme un écran d'étanchéité cohérent (8).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 4, **caractérisé en ce que** dans l'étape de préchauffage, on injecte dans le trou foré (2), un gaz chauffé pendant une durée de 1 à 60 minutes.
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le gaz chauffé présente une température allant de 50 à 1000°C et une pression de 1 à 250 bar.
8. Procédé selon la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce que** le gaz chauffé est l'air.
9. Procédé selon la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce que** le gaz chauffé est un gaz de combustion.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, **caractérisé en ce que** le préchauffage de la roche (1) ou du matériau de construction est atteint par micro-explosion d'un combustible approprié dans la roche ou le matériau de construction.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, **caractérisé en ce que** le préchauffage de la roche (1) ou du matériau de construction est atteint par action de micro-ondes sur la roche ou le matériau de construction.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 11, **caractérisé en ce que** l'on règle par des capteurs, qui sont insérés dans le trou foré (2) ou dans la roche (1) ou le matériau de construction entre les trous forés (2', 2'', 2'''), la quantité, la pres-
- sion, la durée d'écoulement ou la température du gaz chauffé, du combustible ou du polyamide ou l'apport d'énergie par les micro-ondes.
- 5 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** le trou foré (2) présente un diamètre allant de 2 à 50 cm et une longueur de jusqu'à 30 m.
- 10 14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce qu'**après achèvement de l'étanchéification de la roche (1) ou du matériau de construction, les trous forés (2', 2'', 2''') sont complètement fermés.
- 15 15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, **caractérisé par** un prérenforcement d'un tracé de tunnel.
- 20 16. Utilisation de polyamides dans des procédés selon l'une quelconque des revendications 1 à 15.
17. Utilisation selon la revendication 16, **caractérisée en ce que** l'on met en oeuvre un polyamide avec une faible viscosité et une résistance initiale rapide.
- 25 18. Utilisation selon la revendication 16 ou 17, **caractérisée en ce que** l'on met en oeuvre un polyamide sans additif toxique pour l'environnement.
- 30 19. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 16 à 18, **caractérisée en ce que** l'on met en oeuvre un polyamide avec un point de ramollissement allant de 150°C à 200°C selon ASTM E28 (dans l'huile de silicone) et une viscosité à l'état fondu à 180°C de 300 ± 150 mPa.s (selon ASTM D3236).
- 35 40 45 50 55

